

67

3

OCB

FORMATION REPORT INFORMATION REPORT

## CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY

This material contains information affecting the National Defense of the United States within the meaning of the Espionage Laws, Title 18, U.S.C. Secs. 793 and 794, the transmission or revelation of which in any manner to an unauthorized person is prohibited by law.

C-O-N-F-I-D-E-N-T-I-A-L

PROCESSING

25X1

COUNTRY USSR

REPORT

SUBJECT Soviet Publication, Radiation Sickness

DATE DISTR. 16 December 1957

NO. PAGES 1

REQUIREMENT NO. RD

DATE OF INFO.

REFERENCES

25X1

PLACE &amp; DATE ACQ.

25X1

SOURCE EVALUATIONS ARE DEFINITIVE APPRAISAL OF CONTENT IS TENTATIVE.

a Soviet publication for medical personnel which was published in Moscow in 1956, entitled Radiation Sickness (Luchevaya Bolezn), by L. A. Kachur, V. A. Petrov, M. N. Pobedinskiy, and L. F. Semenov. This publication is UNCLASSIFIED when separated from this transmittal form.

25X1

25X1

C-O-N

STATE	X	ARMY	X	NAVY	X	AIR	X	FBI		AEC	X	FDD	X		
-------	---	------	---	------	---	-----	---	-----	--	-----	---	-----	---	--	--

(Note: Washington distribution indicated by "X"; Field distribution by "#".)

FORMATION REPORT INFORMATION REPORT

OSI/12  
N

# INFORMATION REPORT INFORMATION REPORT

## CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY

This material contains information affecting the National Defense of the United States within the meaning of the Espionage Laws, Title 18, U.S.C. Secs. 793 and 794, the transmission or revelation of which in any manner to an unauthorized person is prohibited by law.

C-O-N-F-I-D-E-N-T-I-A-L

COUNTRY	USSR	REPORT		25X1
SUBJECT	Soviet Publication, <u>Radiation Sickness</u>	DATE DISTR.	16 December 1957	
		NO. PAGES	1	
		REQUIREMENT NO.	RD	
DATE OF INFO.		REFERENCES		25X1
PLACE & DATE ACQ.				25X1

SOURCE EVALUATIONS ARE DEFINITIVE. APPRAISAL OF CONTENT IS TENTATIVE.

a Soviet publication for medical personnel which was published in Moscow in 1956, entitled Radiation Sickness (Luchevaya Bolezn), by L. A. Kachur, V. A. Petrov, M. N. Pobedinskiy, and L. F. Semenov. This publication is UNCLASSIFIED when separated from this transmittal form.

25X1

C-O-N-F-I-D-E-N-T-I-A-L

STATE	X	ARMY	X	NAVY	X	AIR	X	FBI		AEC	X	FDD	X	
(Note: Washington distribution indicated by "X"; Field distribution by "#".)														

INFORMATION REPORT INFORMATION REPORT

А. А. КАЧУР, В. А. ПЕТРОВ  
М. Н. ПОБЕДИНСКИЙ, А. Ф. СЕМЕНОВ

# ЛУЧЕВАЯ БОЛЕЗНЬ

*Последствия  
радиоактивного  
излучения*



---

МЕДИЗ - 1956

Л. А. КАЧУР, В. А. ПЕТРОВ,  
М. Н. ПОБЕДИНСКИЙ и Л. Ф. СЕМЕНОВ

# ЛУЧЕВАЯ БОЛЕЗНЬ

ПОСЛЕДСТВИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ  
РАДИОАКТИВНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

*ПОСОБИЕ  
ДЛЯ СРЕДНЕГО МЕДИЦИНСКОГО  
ПЕРСОНАЛА*



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МЕДИЦИНСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ  
МЕДГИЗ — 1956 — МОСКВА



## ВВЕДЕНИЕ

На рубеже XIX—XX веков в физике были сделаны открытия, сыгравшие большую роль в развитии теоретических представлений о строении материи и создавшие еще более широкие перспективы для развития различных отраслей промышленности, биологии и медицины.

В 1895 г. К. Рентген обнаружил новый вид лучей, невидимых простым глазом, но влиявших на фотопластинку и обладавших большой проникающей способностью. Эти лучи были названы рентгеновыми лучами.

А. Беккерель в 1896 г. установил, что уран испускает лучи, свойства которых похожи на свойства рентгеновых лучей. Это открытие положило начало исследованиям в области радиологии.

П. Кюри и М. Кюри в 1898 г. открыли новые элементы в периодической системе Менделеева — полоний и радий, обладающие способностью испускать невидимые лучи.

Изучение свойств радиоактивности дало возможность выявить процессы ядерного распада, качественного изменения и превращения элементов, перестроить теоретические представления о структуре атома и его частей, использовать огромные запасы внутриядерной энергии.

Работы отечественных ученых Г. Н. Флерова, К. А. Петржака, П. И. Лукирского и др., а также исследования, проведенные зарубежными учеными (Н. Бора, Э. Ферми, Г. Бете), позволили вплотную подойти к практическому использованию атомной энергии. Наряду с развитием физических представлений о радиоактивности, появляются работы, посвященные использованию радиоактивных излучений в биологии и медицине.

Применение в Советском Союзе атомной энергии в мирных целях и, в частности, в медицине дало возможность воспользоваться мощными источниками внешнего излучения и радиоактивными изотопами для внутреннего

применения их с диагностической и терапевтической целью. Так, например, аппараты для кюритерапии, состоящие из радиоактивного кобальта ( $\text{Co}^{60}$ ), позволили заменить дорогостоящие радиевые аппараты, что дало возможность обеспечить ими больницы периферии. Радиоактивный йод используют для распознавания и лечения заболеваний щитовидной железы, радиоактивный фосфор — для лечения заболеваний крови и т. д.

Однако развитие промышленности, связанной с использованием атомной энергии, применение радиоактивных соединений в медицине влечет за собой опасность хронического повреждения людей, занятых на данных работах, большими дозами ионизирующих излучений. В связи с этим необходимо подробно изучать биологические свойства ионизирующей радиации в целях правильной организации охраны труда, медицинской профилактики и лечения лучевых поражений.

Агрессивные круги империалистических государств постоянно угрожают применением атомной энергии в военных целях, несмотря на то, что атомные и водородные бомбы направлены прежде всего против мирного населения. От атомных бомб, сброшенных в 1945 г. на японские города Хиросима и Нагасаки, пострадало главным образом мирное население. В этих условиях ионизирующие излучения явились одним из поражающих факторов атомного оружия.

Следовательно, изучение биологических свойств ионизирующих излучений важно и с точки зрения разработки средств защиты организма от их поражающего действия в условиях военной обстановки.

В настоящем пособии для среднего медицинского персонала приведены основные сведения о физических свойствах ионизирующих излучений, способах их учета (дозиметрия), влиянии больших доз на организм человека, мероприятиях по защите от вредного действия  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -лучей, а также об уходе за лицами, подвергшимся действию ионизирующей радиации, и лечении их.

---

## РАДИОАКТИВНОСТЬ

### СТРОЕНИЕ АТОМА И ЕГО ЯДРА

Наука предоставила в распоряжение человечества новый вид энергии — атомную энергию. Для того чтобы понять, что такое атомная энергия, как ее можно получить и использовать, необходимо вспомнить основы атомной физики.

Все встречающиеся в природе вещества состоят из молекул и атомов. Молекулы — это наименьшие частицы данного вещества, сохраняющие его состав. Атомы — мельчайшие частицы, составляющие молекулы. Молекулы простых веществ состоят из одинаковых атомов, молекулы сложных веществ — из различных атомов.

Размеры атомов и молекул, а также их массы чрезвычайно малы. Если 100 млн. атомов уложить в ряд, то они образуют цепочку длиной в 1 см.

Самым легким является атом водорода: он имеет поперечник  $0,53 \cdot 10^{-8}$  см и массу, равную  $1,67 \cdot 10^{-24}$  г. Масса атома водорода во столько раз меньше массы маленькой дробинки, во сколько раз масса человека меньше массы земного шара.

Для измерения столь малых величин введена специальная атомная единица массы, равная  $1/16$  части массы атома кислорода.

До конца XIX века атом считался неделимым. Однако научные факты, накопившиеся к началу XX века, доказали не только делимость атома, но и позволили представить себе его структурную модель.

Атом напоминает планетную систему, в центре которой расположено плотное ядро, несущее положительный заряд, а вокруг него вращаются очень легкие отрицательно заряженные частицы — электроны.

Заряд электрона равен  $4,8 \cdot 10^{-10}$  абсолютных единиц заряда, а масса —  $0,91 \cdot 10^{-27}$  г, т. е. электрон имеет массу в 1840 раз меньшую, чем масса атома водорода. Отрицательный заряд электронов<sup>1</sup> компенсируется положительным зарядом ядра, и атом в целом оказывается электрически нейтральным.

При вращении электроны образуют так называемую электронную оболочку, которая может состоять из нескольких слоев. Число электронов у различных атомов колеблется от 1 до 100. Электроны атома при определенных условиях (при сообщении извне дополнительной энергии) могут переходить из одного слоя в другой и даже покинуть пределы атома. Удаление или присоединение электрона к нейтральным атомам приводит к образованию заряженных частиц — положительных или отрицательных ионов. Такой процесс называется ионизацией.

Положительно заряженное ядро атома имеет очень малые размеры — в 10 000—100 000 раз меньше, чем размеры атома (поперечник ядра составляет  $10^{-13}$  см), но при этом оно заключает в себе практически всю массу атома. Массу ядра или его вес, выраженный в атомных единицах, называют массовым числом и обозначают буквой *A*. Массовое число равно атомному весу элемента, округленному до ближайшего целого числа.

Экспериментально показано, что заряд ядра любого атома всегда равен целому числу зарядов электрона. Так заряд ядра гелия равен двум зарядам электрона, заряд ядра лития — трем зарядам электрона, заряд ядра водорода — одному заряду электрона и т. д.

Количество электронов, входящих в состав атома, равно атомному или порядковому номеру данного элемента в периодической системе Д. И. Менделеева. Эту величину обозначают буквой *Z*.

Таким образом, все ядра характеризуются двумя величинами: атомным номером *Z* и массовым числом *A*.

Советский ученый Д. Д. Иваненко первый высказал предположение о том, что ядро атомов имеет сложное строение и состоит из протонов и нейтронов.

<sup>1</sup> Этот заряд является наименьшим из всех электрических зарядов, встречающихся в природе; в атомной физике он принят за единицу.

Протон представляет собой элементарную частицу с положительным зарядом, равным единице, и массой, равной атомной единице массы.

Нейтроны — это частицы с массой, равной массе протона, но электронейтральные — они не влияют на заряд ядра.

При одном и том же числе протонов в ядре может быть разное число нейтронов. При этом число протонов в ядре равно атомному номеру элемента ( $Z$ ), а число нейтронов — разности между массовым числом ( $A$ ) и атомным номером ( $Z$ ).

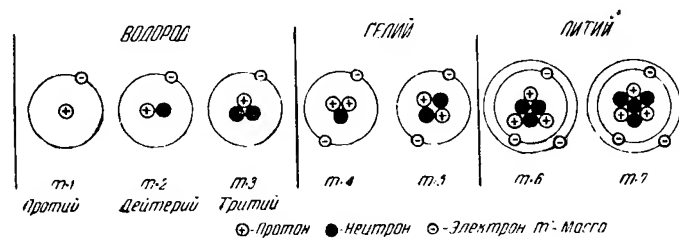


Рис. 1. Строение некоторых простейших атомов.

Так, например, ядро атома углерода, для которого  $Z=6$  и  $A=12$ , состоит из 6 протонов и 6 нейтронов ( $A-Z=6$ ); ядро атома урана, для которого  $Z=92$  и  $A=238$ , состоит из 92 протонов и 146 нейтронов ( $A-Z=146$ ).

Вещества, обладающие разными атомными весами (разной массой), но одинаковыми атомными номерами (одинаковым зарядом), называются **изотопами**. Различие в массах изотопов зависит от разного числа нейтронов в их ядрах, а одинаковый заряд обуславливается одинаковым числом протонов в них. Многие элементы имеют большое количество изотопов. Так, для самого легкого химического элемента водорода известны три изотопа.

Строение ядер и атомов изотопов водорода и других легких элементов приведено на рис. 1.

Изотопы встречаются как устойчивые, или стабильные, так и неустойчивые, или радиоактивные. В настоящее время известно до 1000 изотопов, из них около 300 устойчивых и 700 радиоактивных. Большая часть изотопов получена искусственным путем.



### ОТКРЫТИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ И ИСКУССТВЕННОЙ РАДИОАКТИВНОСТИ

В 1896 г. французский физик Анри Беккерель обнаружил, что некоторые химические элементы (уран и его соли) обладают свойством самопроизвольного выделения лучистой энергии. Это явление было названо радиоактивностью, а данные химические элементы — радиоактивными (от латинского слова «радиус» — луч).

Через 2 года после этого сообщения Мария и Пьер Кюри открыли два новых радиоактивных элемента — полоний и радий.

Одна из особенностей радиоактивных элементов состоит в том, что их свойства сохраняются независимо от тех химических соединений, в которых они находятся. Так, излучения радия, взятого в виде сернокислой или хлористой соли, ничем не отличаются друг от друга. Это обстоятельство указывает на то, что радиоактивность есть свойство, присущее наименее меняющейся части атома — его ядру. Различают естественную и искусственную радиоактивность.

Естественной называют радиоактивность химических элементов, встречающихся в природе в естественном виде.

Искусственной называют радиоактивность изотопов, полученных искусственным путем.

Как же было обнаружено излучение радиоактивных элементов?

Для изучения состава радиоактивного излучения соль радия помещалась в свинцовую коробку с тонким каналом и выделенный пучок лучей пропусклся между полюсами сильного магнита. Оказалось, что этот пучок лучей делится на три части. Один из лучей слабо отклоняется в магнитном поле влево, другой — значительно сильнее вправо, а третий совсем не отклоняется.

Эти лучи были обозначены тремя первыми буквами греческого алфавита:  $\alpha$ - (альфа),  $\beta$ - (бета) и  $\gamma$ - (гамма) лучи (рис. 2).

Как показало исследование, лучи  $\alpha$  состоят из потока частиц, характеризующихся двойным положительным зарядом и сравнительно большой массой, равной четырем единицам атомной массы. Эти частицы, названные  $\alpha$ -ча-

стицами, представляют собой ядра гелия, вылетающие с огромной начальной скоростью, достигающей 20 000 км в секунду. Эту скорость  $\alpha$ -частицы довольно быстро теряют вследствие большого числа столкновений с молекулами воздуха, которые они испытывают на своем пути. В конце пути  $\alpha$ -частицы, теряя скорость, присоеди-

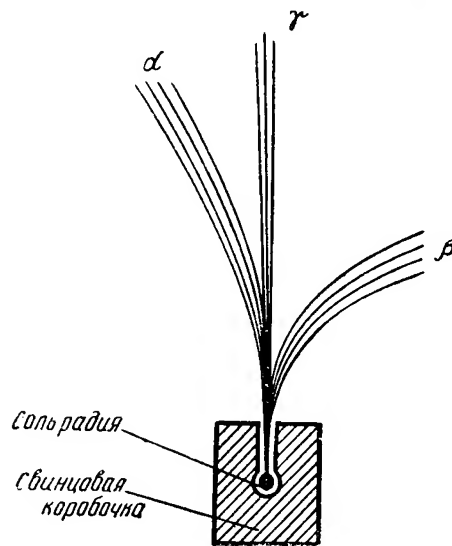


Рис. 2. Разделение излучения радия в магнитном поле.

няют два электрона, которые могут встретиться на пути их движения, в результате чего образуется атом гелия.

$\beta$ -лучи представляют собой поток отрицательно заряженных электронов, выбрасываемых ядрами радиоактивных атомов, движущихся со скоростью, близкой к скорости света. Такие электроны принято называть  $\beta$ -частицами.

Жолио-Кюри, работая с искусственными радиоактивными веществами, обнаружил, наряду с отрицательным, и положительное  $\beta$ -излучение. Это излучение представляет собой поток быстро движущихся частиц, называемых позитронами. Они обладают той же массой, что и электроны, но несут единичный положительный заряд и

являются по существу положительно заряженными электронами.

$\gamma$ -лучи, не отклоняемые ни магнитным, ни электрическим полем, имеют ту же электромагнитную природу, что и лучи Рентгена, отличаясь от них лишь большей частотой колебания (и большей жесткостью).

Испускание  $\alpha$ -частиц ядром может быть понято на основании данных о строении ядра. Альфа-частицы представляют собой устойчивую группировку из 2 нейтронов и 2 протонов — частиц, которые входят в состав ядра.

Испускание же бета-частиц, представляющих собой электроны или позитроны, естественно, обуславливает вопрос, откуда берутся в ядре электроны и позитроны?

В настоящее время в физике общепринятым является представление, согласно которому электроны и позитроны, не будучи постоянной составной частью ядра, появляются в нем при взаимном превращении нейтронов в протоны и наоборот. При превращении нейтрона в протон испускается отрицательный электрон, или позитрон.

Испускание радиоактивных излучений сопровождается глубоким превращением вещества. Потоки  $\alpha$ - и  $\beta$ -частиц, вылетая из ядер атомов, превращают их в ядра новых веществ. Так, например, установлено, что ядро атома радия, испуская  $\gamma$ -частицу, представляющую собой ядро атома гелия, понижает свой заряд на 2 единицы, массу — на 4 единицы и превращается в ядро атома радона. При изменении заряда ядра соответственно меняется и число электронов в электронной оболочке атома, так как число орбитальных электронов всегда соответствует заряду ядра. При потере же отрицательной  $\beta$ -частицы положительный заряд ядра возрастает на одну единицу (так как испускание  $\beta$ -частицы происходит при превращении нейтрона в протон). В первом случае элемент, полученный в результате  $\alpha$ -распада, переходит по периодической системе Менделеева на две группы влево, а во втором случае элемент, полученный в результате  $\beta$ -распада, переходит на одну группу вправо. Это положение носит название закона смещения, или закона сдвигов при радиоактивном распаде.

В некоторых случаях испускание  $\alpha$ - или  $\beta$ -частиц сопровождается одновременным выделением  $\gamma$ -лучей. Это происходит вследствие того, что образующееся после выброса  $\alpha$ - или  $\beta$ -частиц ядро нового элемента может

оказаться в «возбужденном» состоянии, т. е. в состоянии, при котором энергия ядра выше, чем требует его устойчивое состояние. При переходе из возбужденного состояния в устойчивое избыток энергии ядром отдается в виде испускания  $\gamma$ -частиц, не меняющего ни массы, ни заряда ядра.

Совокупность всех продуктов распада определенного элемента образует радиоактивное семейство или ряд. Ряд обрывается на устойчивых элементах, неспособных к дальнейшему распаду.

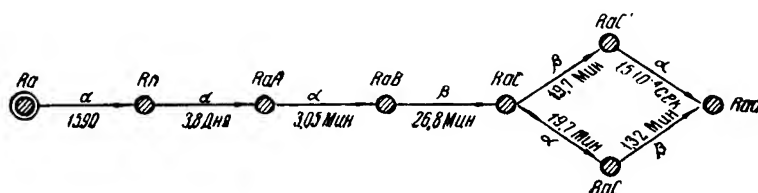


Рис. 3. Схема превращений радиоактивных элементов ряда урана.

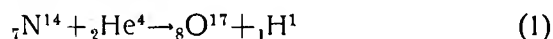
До последнего времени были известны три ряда естественных радиоактивных элементов: ряд урана, тория и актиния.

Родоначальником первого ряда является уран — элемент с атомным весом 238; родоначальником второго ряда — торий с атомным весом 232 и родоначальником третьего ряда — актиний с атомным весом 235. Все три ряда заканчиваются устойчивым элементом — свинцом. В настоящее время известен четвертый ряд искусственно радиоактивных элементов — ряд нептуния. Нептуний имеет атомный вес 237; ближайшие продукты его распада представляют собой элементы, расположенные в таблице Менделеева за ураном (так называемые трансурановые элементы). Заканчивается этот ряд нерадиоактивным элементом — висмутом. На рис. 3 показана часть схемы распада ряда урана.

Скорость распада различных радиоактивных элементов различна. Для характеристики скорости распада принят период полураспада, т. е. время, в течение которого распадается половина радиоактивного вещества. Для радия это время равно 1590 годам, для радона — 3,88 дням и т. д.

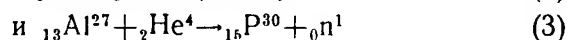
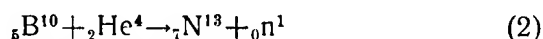
Активность радиоактивного препарата определяет число атомов, распадающихся в единицу времени. За единицу активности принято одно кюри (1 С), равное  $3,7 \cdot 10^{10}$  (37 млрд.) распадам в секунду. Приблизительно это число распадов претерпевает 1 г радия в 1 секунду. На практике употребляют меньшие единицы: одну тысячную кюри — милликюри (mC), равную  $3,7 \cdot 10^{-7}$  распадов в секунду, и одну миллионную кюри — микрокюри ( $\mu$ C), равную  $3,7 \cdot 10^{-4}$  в секунду.

Первая ядерная реакция, в результате которой было произведено искусственное превращение вещества, была осуществлена Резерфордом в 1919 г. Ему удалось, бомбардируя ядра азота  $\alpha$ -частицами, выбить из них протоны и превратить их в ядра устойчивого изотопа кислорода. Это превращение протекает по следующей ядерной реакции<sup>1</sup>:



В результате искусственных ядерных превращений могут быть получены как устойчивые, так и неустойчивые — радиоактивные — изотопы.

Впервые искусственные радиоактивные изотопы были получены в 1934 г. французскими учеными Ирэн и Фредериком Жолио-Кюри. Они подвергли бомбардировке  $\alpha$ -частицами атом бора и алюминия и, выбив из их ядер нейтроны, превратили их в атомы радиоактивных изотопов азота и фосфора. Эти превращения протекали по следующим уравнениям:



Радиоактивный азот и фосфор при своем распаде, испуская позитроны, дают положительное  $\beta$ -излучение.

Открытие возможности получения искусственной радиоактивности супругами Жолио-Кюри имело огромное значение. В настоящее время искусственным путем получают радиоактивные изотопы с различными видами излучения почти для всех элементов периодической системы.

<sup>1</sup> При написании ядерных реакций ядра обозначаются символами соответствующих атомов с двумя цифрами. Цифра слева внизу обозначает заряд ядра, а справа наверху — массовое число.



### ПУТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ВНУТРИЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ

Малые размеры ядра, в котором сосредоточена практически вся масса атома, указывают на высокую плотность вещества в нем, на необычайно плотную упаковку составляющих его частиц, обязанную огромным силам связи между ними.

При разрушении этих связей выделяется ядерная энергия, в миллионы раз превосходящая энергию, полученную при разрушении химических связей в молекуле, например, при горении.

Каковы же пути выделения этой энергии? Чтобы ответить на этот вопрос, проследим, как меняется устойчивость ядер различных элементов таблицы Менделеева. Мерой устойчивости ядра может служить величина энергии связи. Чем больше энергия связи между частицами ядра, тем ядро устойчивее и, наоборот, чем меньше энергия связи, тем меньше его устойчивость.

Для элементов, расположенных в начале таблицы Менделеева, наиболее устойчивыми оказываются ядра элементов, у которых число протонов примерно равно числу нейтронов (гелий  ${}^4_2\text{He}$ , углерод  ${}^{12}_6\text{C}$ , азот  ${}^{14}_7\text{N}$ , кислород  ${}^{16}_8\text{O}$ ). Для них энергия связи имеет большее значение, чем для элементов, стоящих в начале и в конце таблицы.

Чтобы объяснить уменьшение устойчивости более тяжелых ядер, надо остановиться на вопросе о силах, действующих внутри ядра. Между находящимися внутри ядер положительно заряженными протонами действуют электростатические силы отталкивания. Этим силам противостоят специфические ядерные силы взаимного притяжения, действующие между нейтронами и между нейтронами и протонами. Природа ядерных сил притяжения окончательно не выяснена, но установлено, что они действуют только на очень малых расстояниях по сравнению с размерами ядра.

По мере утяжеления ядер в них возрастает число протонов и нейтронов. При этом число нейтронов растет быстрее, чем число протонов. Это обстоятельство позволяет силам притяжения компенсировать возрастающие силы отталкивания. Однако при большом числе протонов силы отталкивания настолько возрастают, что перестают ком-

пенсироваться силами притяжения, несмотря на имеющийся в тяжелых ядрах избыток нейтронов. Поэтому такие ядра оказываются неустойчивыми и способными к самопроизвольному распаду. Энергия связи частиц в этих ядрах оказывается меньшей, чем в более легких ядрах. Примером может служить  $U^{235}$ , ядро которого содержит 92 протона. Поскольку в ядре  $U^{235}$  много положительно заряженных частиц, силы сцепления значительно ослабевают и почти уравниваются силами электрического отталкивания между протонами. Иногда силы отталкивания могут разорвать ядро на два почти равных осколка. Такой процесс самопроизвольного деления  $U^{235}$  впервые обнаружили в 1938 г. советские ученые Г. Н. Флеров и К. А. Петржак.

Значительно меньше энергия связи у ядер элементов, расположенных в самом начале таблицы: у изотопа водорода — дейтерия ( ${}^1_1H^2$ ) и у легкого изотопа гелия ( ${}^2_2He^3$ ). Объясняется это тем, что протоны и нейтроны в этих ядрах находятся на сравнительно больших расстояниях, вследствие чего связь между ними ослабевает и ядра хотя и не распадаются, но находятся в энергетически неустойчивом состоянии. При переходе из неустойчивого состояния в более устойчивое ядро отдает избыточную энергию в виде различных видов излучений или в виде тепловой энергии.

Отсюда возможны два пути выделения внутриядерной энергии: 1) распад тяжелых ядер и образование ядер более легких элементов и 2) синтез из легких ядер более тяжелых.

Выделение внутриядерной энергии, протекающее по первому пути, можно проследить на примере реакции деления ядер урана под действием нейтронов.

#### **ДЕЛЕНИЕ ЯДЕР И ЦЕПНЫЕ ЯДЕРНЫЕ РЕАКЦИИ**

Делением ядер называется процесс расщепления ядра на две или три (реже) части, называемые осколками. Деление ядер атомов может происходить под влиянием нейтронов,  $\alpha$ - и  $\gamma$ -частиц и т. д., но чаще всего с этой целью используются нейтроны.

Различают быстрые, медленные и совсем медленные нейтроны, энергия которых одинакова с энергией молекул,

участвующих в тепловом движении; поэтому их называют тепловыми нейтронами.

Природный уран имеет три изотопа: уран с массой 238, который составляет 99,28% всего природного урана; уран с массой 235 (0,71%) и с массой 234 (около 0,006%). Последний изотоп не представляет интереса ввиду того, что в природе он имеется в незначительном количестве.

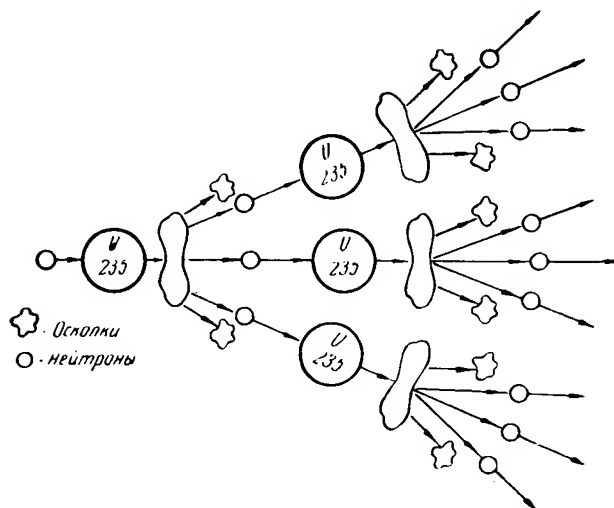


Рис. 4. Схематическое изображение реакции деления  $U^{235}$ .

Взаимодействие  $U^{235}$  с нейтронами имеет ряд особенностей. Легко захватывая медленные тепловые нейтроны,  $U^{235}$  делится примерно на два равных осколка, представляющие собой ядра более легких элементов (барий, криптон, рубидий, ксенон, кадмий и др.). При этом вылетают с большой энергией 2—3 свободных нейтрона.

На рис. 4 схематически представлена реакция деления  $U^{235}$  на два осколка — ядра легких элементов, которые в большинстве случаев оказываются  $\beta$ -радиоактивными.

Выбрасываемые в момент деления ядра  $U^{235}$  нейтроны расщепляют новые ядра урана, которые в свою очередь выделяют 1—3 нейтрона; выделенные нейтроны вновь производят расщепление и т. д. Таким образом, число

нейтронов, участвующих в реакции, быстро возрастает (3 нейтрона дают 9; 9 дают 27; 27 дают 81 и т. д.). Подобные реакции в химии носят название цепных реакций. Быстрое нарастание числа нейтронов приводит к образованию лавины.

Раз начавшись, такой процесс развивается самопроизвольно, сопровождаясь выделением огромных количеств энергии.

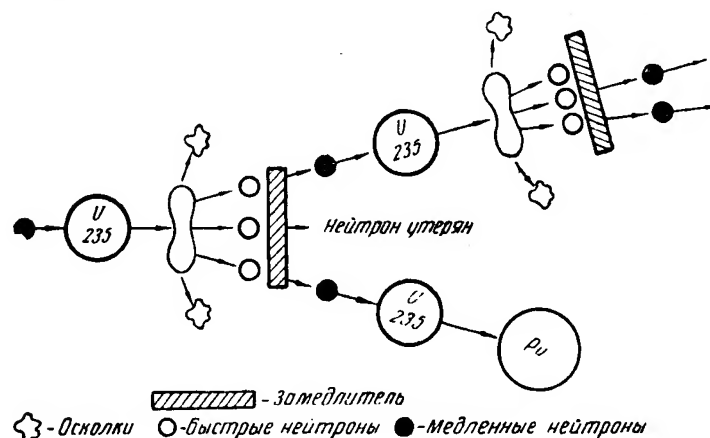


Рис. 5. Схематическое изображение реакции деления  $U^{235}$  с замедлителем.

Развитие цепного процесса требует соблюдения ряда условий. Прежде всего объем облучаемого нейтронами урана должен быть не меньше некоторого «критического» — в противном случае возникающие в нем нейтроны будут способны выйти из него, не вызвав цепной реакции.

Кроме того, нейтроны могут столкнуться с ядрами не  $U^{235}$ , а  $U^{238}$ , который не поддерживает развития цепного процесса. Для того чтобы цепная реакция имела возможность успешно развиваться, необходимо произвести отделение  $U^{235}$  от  $U^{238}$ . Методы разделения изотопов основаны на различии их масс. Но процесс отделения  $U^{235}$  от  $U^{238}$  оказался очень трудным и дорогостоящим. Исследователи пошли по другому пути.  $U^{235}$  хорошо реагирует с очень медленными (тепловыми) нейтронами, энергия которых

значительно меньше энергии нейтронов, избирательно поглощаемых  $U^{238}$ . Поэтому замедление нейтронов должно привести к повышению эффективности цепного процесса.

В качестве замедлителя нейтронов чаще всего употребляют углерод, используемый в виде графита, и бор. Куски природного урана располагают между графитом. При этом замедленные до тепловых скоростей нейтроны реагируют преимущественно с ядрами  $U^{235}$ , обеспечивая развитие цепной реакции. Процесс в присутствии замедлителя идет по схеме, представленной на рис. 5. Если между кусками графита и урана вставить кадмиевые стержни, то с их помощью можно поглощать почти все нейтроны.

Система, состоящая из природного урана, графита, кадмиевых стержней, окруженная толстым защитным слоем бетона, называется урановым котлом — реактором.

В процессе деления урана выделяются значительные количества тепла. Поэтому в котле предусмотрено интенсивное водяное или воздушное охлаждение. Специальные устройства позволяют менять скорость реакции в котле и регулировать количество выделяемой энергии, которая может быть преобразована в различные виды энергии.

При облучении стабильных ядер свободными нейтронами в урановом котле могут быть получены различные радиоактивные вещества — радиоактивные изотопы фосфора, кобальта, натрия и т. д.

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ В ВОЕННЫХ ЦЕЛЯХ

Если деление ядер  $U^{235}$  или  $Pu^{239}$  осуществить незамедленными нейтронами, то данный процесс закончится в очень короткое время — в тысячные доли секунды. За этот ничтожно малый промежуток времени выделится огромная энергия — произойдет взрыв. На этом основано действие атомной бомбы.

Принцип действия атомной бомбы представлен на рис. 6. Плотное соединение двух кусков  $U^{235}$  или  $Pu^{239}$ , каждый из которых имеет массу несколько меньше критической, при наличии нейтронов в результате развития



цепного процесса деления ядер почти мгновенно приведет к взрыву. Возникающий при этом взрыв сопровождается колоссальным повышением давления и температуры. Последняя доходит до нескольких миллионов градусов (для сравнения укажем, что температура поверхности солнца составляет всего  $6000^{\circ}$  и только вблизи центра

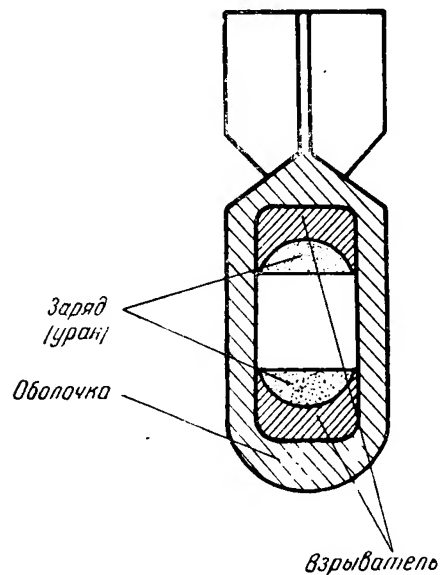


Рис. 6. Принципиальная схема устройства атомной бомбы.

солнца она поднимается до многих миллионов градусов). Такая высокая температура при взрыве приводит к образованию светового излучения.

В момент взрыва наблюдается ослепительная вспышка, сопровождающаяся резким звуком, который напоминает раскат грома. Вслед за этим появляется огненный шар, поднимающийся вверх на высоту 15 км в виде клубящегося облака грибовидной формы со скоростью 100 м в секунду.

Резкое повышение давления вызывает мощную ударную волну. Наряду со взрывной волной и световым излучением, действует проникающая радиация, состоящая

главным образом из потоков нейтронов и  $\gamma$ -лучей. Кроме того, по пути движения этого облака происходит радиоактивное заражение местности и воздуха.

Еще более разрушительный взрыв происходит при действии водородной бомбы.

Действие водородной бомбы основано на реакциях соединений (синтеза) наиболее легких ядер, например, гелия из водорода, как обычного ( ${}^1\text{H}^1$ ), так и его изотопов: дейтерия ( ${}^1\text{H}^2$ ) и трития ( ${}^1\text{H}^3$ ). Две последние реакции осуществляются лишь при высоких температурах и называются термоядерными реакциями (от греческого слова *thermos* — теплота).

Единственным источником получения сверхвысоких температур на земле является атомная бомба.

В водородной бомбе в качестве взрывчатого вещества используется дейтериево-тритиевая смесь, а в качестве запала — атомная бомба.

Схема устройства водородной бомбы приведена на рис. 7.

Взрыв водородной бомбы при одном и том же содержании ядерного горючего во много раз сильнее, чем взрыв атомной бомбы, и сопровождается он еще большими разрушениями и выделением радиоактивных продуктов.

#### ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ

В организме человека и животного под влиянием излучения возникают сложные биохимические процессы, которые служат началом самых различных биологических сдвигов, сильно влияющих на общее состояние.

При воздействии  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучения на вещество в нем возникает ионизация. При воздействии нейтронов, кроме ионизации, может появиться наведенная активность (т. е. образование радиоактивных изотопов), которая будет способствовать дальнейшему развитию ионизационных процессов.

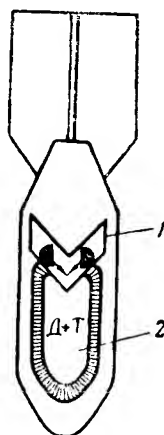


Рис. 7. Принципиальная схема устройства водородной бомбы.

1 — атомная бомба; 2 — дейтерий и тритий.

Все виды ионизирующих излучений могут быть обнаружены и измерены только по тем эффектам, которые возникают при взаимодействии этих излучений с веществом.

Поток заряженных  $\alpha$ - и  $\beta$ -частиц имеет вполне определенный максимальный пробег в веществе, который зависит от энергии частиц, плотности и химического состава вещества. Поэтому, взяв слой вещества больше длины пробега частицы, можно полностью поглотить  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучения.

Так, например, известно, что пробег  $\alpha$ -частиц в воздухе достигает 8 см, а в ткани — 100  $\mu^1$ , поэтому лист плотной бумаги или алюминия толщиной 50  $\mu$  может полностью поглотить  $\alpha$ -лучи.

Пробег наиболее быстрых  $\beta$ -частиц в воздухе равен приблизительно 10 м, а в ткани — 1 см. Следовательно, для того, чтобы слой алюминия мог поглотить их, нужно чтобы он имел толщину несколько миллиметров.

Природа  $\gamma$ -лучей аналогична природе рентгеновых лучей.  $\gamma$ -излучение взаимодействует главным образом с электронами атомов. При облучении жесткими рентгеновыми или  $\gamma$ -лучами последние глубоко проникают в тело и могут оказывать действие не только на внешние покровы, но и на внутренние органы и системы организма. Этим обстоятельством в значительной степени объясняется высокая биологическая активность жесткого рентгеновского и  $\gamma$ -излучений.

В отличие от других видов излучений, нейтроны взаимодействуют с ядрами атомов.

При взаимодействии с веществом быстрые нейтроны передают свою энергию ядрам, а сами постепенно начинают двигаться медленнее. Ядро атома после соударений с нейтроном испытывает толчок, называемый отдачей. Ядра отдачи способны производить ионизацию в тканях. Поэтому нейтроны, попадая в ткань, вызывают очень сильное биологическое действие.

Медленные нейтроны могут захватываться ядрами атомов, в результате чего возможно образование устойчивых, или радиоактивных, изотопов, например, натрия, азота, углерода, серы и т. д.

---

<sup>1</sup>  $\mu$  — микрон; 1  $\mu$  = 0,001 мм.

### ДОЗА И ЕЕ МОЩНОСТЬ

Между биологическими процессами и поглощенной энергией излучения в организме существует прямая зависимость. Чем больше поглощенная энергия излучения в организме, тем сильнее будут происходить биологические изменения. В свою очередь между поглощенной энергией и степенью ионизации вещества также существует определенная зависимость. Степень ионизации для воздуха, которую очень просто определить, выяснив число пар ионов, образовавшихся в  $1 \text{ см}^3$ , пропорциональна поглощенной энергии.

Об энергии, поглощенной в веществе, судят по степени ионизации воздуха, так как для излучений в довольно широком диапазоне энергий имеется однозначное соответствие между количеством поглощенной энергии в  $1 \text{ г}$  воздуха и в  $1 \text{ г}$  мышечной ткани.

В качестве меры поглощенной энергии принимают дозу, т. е. количество энергии, поглощенное в  $1 \text{ см}^3$  среды. Единицей дозы излучения является рентген (р).  $1 \text{ см}^3$  воздуха при нормальных атмосферных условиях, т. е. при температуре  $0^\circ$  и при давлении 760 мм ртутного столба, имеет массу, равную 0,001298 г. Поэтому при определении единицы «рентген» имеют в виду ионизацию в  $1 \text{ см}^3$  воздуха при нормальных условиях или ионизацию в 0,001298 г воздуха.

Согласно техническому законодательству, принятому в СССР, которое носит название ОСТ (Общесоюзный стандарт), единица физической дозы излучения определяется так: рентген это есть «физическая доза рентгеновых лучей, при которой в результате полного ионизационного действия в воздухе при  $0^\circ \text{ С}$  и нормальном атмосферном давлении образуются заряды каждый в одну электростатическую единицу на  $1 \text{ см}^3$  освещаемого объема».

Заряд в одну электростатическую единицу электричества равен приблизительно  $2,08 \cdot 10^9$  элементарным зарядам (зарядам, присущим электрону или иону). На образование пары ионов затрачивается работа, равная 32,5 эв (электронвольт). Поэтому на образование положительного и отрицательного зарядов, если каждый из них равен одной электростатической единице, затрачивается работа, равная:  $2,08 \cdot 10^9 \times 32,5 = 6,8 \cdot 10^{10}$  эв, что в свою очередь соответствует 0,11 эрг.

Поэтому можно сказать, что при дозе 1 г (рентген) в 1 см<sup>3</sup> воздуха, поглощаемая энергия равна 0,11 эрг. В это же время в 1 г воды поглощается энергия, равная 93 эрг; примерно такая же энергия поглощается в 1 г мышечной ткани. Во сколько раз доза больше 1 г, во столько раз возрастает и энергия, поглощенная в единице массы ткани. Пропорциональность между энергиями, поглощенными в тканях и в воздухе, дает возможность определить дозу в рентгенах, производя измерения в воздушной среде.

Помимо основной единицы — рентгена — применяют еще и производные единицы: миллирентген (mr) — одна тысячная рентгена; микрорентген (μr) — одна миллионная рентгена.

Доза, полученная средой в единицу времени, носит название мощности дозы. Если за единицу времени принять секунду, мощность дозы будет измеряться в единицах, которые носят название г/сек (рентген/секунда), если за единицу времени взята минута или час, то мощность дозы будет равна г/мин (рентген в минуту) и г/час (рентген в час).

Согласно техническим нормам, единица дозы — рентген — была установлена вначале только для рентгеновских и γ-излучений. Поэтому для измерения дозы других излучений пользуются единицей, которую называют физическим рентгеном-эквивалентом.

Так как по существу единицы «рентген» и «физический рентген-эквивалент» не отличаются друг от друга, то часто дозы, создаваемые α- и β-излучением, также измеряют в рентгенах.

Интересно оценить, насколько велика или мала доза, равная 1 г. Это удобнее всего показать на ряде практических примеров. Доза, равная 1—2 г, способна вызвать некоторые функциональные сдвиги у человека или животного, которые уже можно наблюдать. Считается, что доза, равная 0,05 г, воспринимаемая человеком за сутки в течение многих дней и месяцев, является безопасной (она носит название толерантной). Столь малая допустимая доза установлена с расчетом на то, что персонал, работающий с излучением, может подвергаться ему повседневно.

При случайных разовых воздействиях доза 25 г не вызывает заметных поражений организма. При дозе



Т а б л и ц а 1  
Предельно допустимые нормы для радиоактивных излучений

Вид излучения	Способ воздействия	Время действия	Предельно допустимая величина
Рентгеновы и $\gamma$ -лучи	Внешнее облучение	Сутки	0,05 г
$\gamma$ -лучи	Введение активных веществ	»	0,05 г
$\alpha$ -лучи	Внешнее воздействие		Пока еще не установлена
$\beta$ -лучи	То же	Секунда	50 частиц/см <sup>2</sup>
Медленные нейтроны	» »	»	1000 частиц/см <sup>2</sup>
Быстрые нейтроны	» »	»	50 частиц/см <sup>2</sup>
$\beta$ -активные вещества	В воде Газы в воздухе Аэрозоли в воздухе		$10^{-6}-10^{-8}$ С/л <sup>1</sup> $10^{-8}-10^{-10}$ С/л
$\alpha$ -активные вещества	В воде Газы в воздухе Аэрозоли в воздухе		$10^{-11}$ С/л $10^{-10}-10^{-11}$ С/л $10^{-12}$ С/л
	Загрязненность рук	Минута (число частиц, вылетающих за минуту с площади 150 см <sup>2</sup> )	$10^{-13}-10^{-14}$ С/л 50 частиц
$\beta$ -активные вещества	Загрязненность поверхности одежды	То же	1 500 частиц
	Загрязненность поверхности рабочего места	» »	2 000 частиц
$\beta$ - и $\gamma$ -активные вещества	Загрязненность одежды		0,1 мг/час
	Загрязненность рабочих поверхностей		0,1 мг/час
	Загрязненность рук		0,05 мг/час

<sup>1</sup> Кюри/литр.

25—50 г возможны изменения картины крови, но без серьезных поражений. При дозе 100—200 г возникает лучевая болезнь и т. д.

Для решения вопросов, связанных с защитой от излучения и непосредственного действия радиоактивных веществ, необходимо знать предельно допустимые дозы для всех видов воздействия радиоактивных веществ на организм человека (табл. 1).

В случае взрыва атомной бомбы или применения боевых радиоактивных веществ, последние могут заразить воздух, воду, почву, поверхности предметов и пищевые продукты.

Радиоактивные вещества, попадая в тело человека, вначале разносятся по всему организму более или менее равномерно. Через довольно короткое время начинается перераспределение радиоактивных веществ, причем в некоторых тканях и органах собирается много радиоактивного вещества, в то время, как другие ткани и органы его теряют. Так, например, если внутривенно ввести человеку какое-то количество радиоактивного фосфора  $P^{32}$ , то вначале почти во всех тканях концентрация  $P^{32}$  будет одинаковая. Через 3 суток половина радиоактивного фосфора, находящегося к этому времени в теле человека, будет сосредоточена в мягких тканях, а вторая половина — в костных тканях, несмотря на то, что костные ткани по весу составляют приблизительно  $1/10$  часть веса человека.

Радиоактивный йод ( $I^{131}$ ) обладает еще большей селективной способностью (т. е. способностью накапливаться в том или ином органе или ткани). Известно, что если человеку с заболеванием щитовидной железы (гипертиреоз) дать на прием определенное количество радиоактивного йода, то через день большая часть его может оказаться в щитовидной железе.

Радиоактивное вещество, находясь в тканях человека, продолжает распадаться, излучая присущие этому веществу частицы или фотоны.

Если радиоактивное вещество излучает  $\alpha$ - или  $\beta$ -частицы, то, зная количество введенного вещества или его концентрацию в ткани, легко подсчитать, какую дозу получает последняя.

Если в ткань введено  $\gamma$ -излучающее радиоактивное вещество, то расчет дозы усложняется.

В медицинской практике важно уметь определить количество радиоактивного вещества, которое необходимо ввести человеку для получения определенной дозы. В помощь медицинским работникам составлены таблицы. Одна из таких таблиц для радиоактивного фосфора ( $P^{32}$ ) приводится ниже (табл. 2).

Т а б л и ц а 2  
Концентрация мС/кг и лекарственная доза радиоактивного фосфора,  
необходимая для получения определенных доз в тканях

Суточная доза в г	Концентрация мС/кг	Доза в г за время полного распада	Лекарственная доза в мС для больного весом	
			70 кг	50 кг
0,1	0,0026	2,2	0,2	0,13
1,0	0,0260	22	1,85	1,93
2,0	0,0528	45	3,70	2,64
3,0	0,0790	67	5,55	4,0
4,0	0,105	89	7,40	5,3

Если врач считает необходимым, чтобы за первые сутки, считая от момента введения радиоактивного фосфора, доза его в тканях организма была равна 3 г, то, согласно данным табл. 2, больному весом 70 кг, необходимо дать на прием 5,55 мС  $P^{32}$ .

Радиоактивное вещество, находящееся на теле человека или вблизи его, будет также оказывать действие на организм.

$\alpha$ -частицы в воздухе имеют незначительные пробеги, так, например, пробег  $\alpha$ -частиц с энергией в 5 мэв, равен приблизительно 3,5 см. Поэтому на тело будут действовать в основном  $\alpha$ -частицы таких радиоактивных веществ, которые расположены непосредственно на поверхности ткани.

$\beta$ -частицы даже при относительно небольших энергиях могут совершать в воздухе очень большие пробеги. Так, например,  $\beta$ -частица с энергией 2 мэв пробегает в воздухе около 7 м, а  $\beta$ -частица с энергией 3 мэв — 11 м. Таким образом, если  $\beta$ -активное вещество было бы расположено на стенах и потолке комнаты, то  $\beta$ -частицы могут попадать на тело человека, вошедшего в эту комнату.

$\gamma$ -излучение обладает еще большей проникающей способностью, поэтому  $\gamma$ -излучение можно зарегистрировать на очень больших расстояниях от источника излучения.

Если источник имеет малые размеры по сравнению с расстоянием, на котором рассматривается действие излучения, то такой источник принято называть точечным. Так, например, если действие  $\gamma$ -излучения от кобальтовой иглы ( $\text{Co}^{60}$ ) длиной 2 см рассматривать на расстоянии в 20 раз большем, чем длина иглы, то последнюю в данном случае можно считать точечным источником. Та же самая игла, расположенная на расстоянии 1 см от поверхности кожи, для этого участка кожи уже не является точечным источником.

Мощность дозы излучения от любого точечного источника изменяется обратно пропорционально квадрату расстояния, т. е. если расстояние возросло в 2 раза, то мощность дозы уменьшится в 4 раза, если расстояние увеличилось в 3 раза, то мощность дозы уменьшится в  $3^2$  (9 раз) и т. д. Кроме того, если излучение сильно поглощается средой, то следует учитывать убыль интенсивности излучения и за счет поглощения в среде.

$\alpha$ - и  $\beta$ -излучение, даже если энергия  $\beta$ -частиц, достигает несколько миллионов электронвольт (единица энергии), легко поглощается в веществе. Поэтому точечные  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучатели не представляют интереса.

Иначе дело обстоит с  $\gamma$ -излучателями. Понижения мощности дозы можно достичь либо путем удаления от излучателя, либо путем построения защитных стенок. В ряде случаев можно использовать оба фактора, т. е. удаление от источника и постройку защитных стенок.

Помимо точечных излучателей, приходится иметь дело с излучателями других форм. Если радиоактивное вещество нанести на плоскость, то получится плоский излучатель той или иной формы.

Слой  $\beta$ -активного вещества, нанесенного на кожу или платя, прилегающее к телу, может рассматриваться как плоский излучатель. Доза, создаваемая таким излучателем, пропорциональна количеству активности, нанесенной на 1 см<sup>2</sup>, и зависит от энергии  $\beta$ -частиц.

Обычно расчеты дозы от плоских излучателей заменяются вычислениями, производимыми с помощью вспомогательных таблиц или счетных приборов.

Внешние излучатели независимо от их рода могут иметь большие размеры и быть удалены от тела человека на значительные расстояния.

Подобными излучателями являются большие поверхности, зараженные радиоактивными веществами (земля, стены, потолки) вследствие взрыва атомной бомбы или применения радиоактивного оружия.

Доза, создаваемая такими излучателями, будет зависеть от плотности и рода активности и от величины зараженных площадей. Так как в этом случае многое остается неизвестным, то производить какие-либо расчеты бессмысленно и значительно проще прибегать к непосредственным измерениям мощности дозы, которая создается на том или ином загрязненном участке.

#### **МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ**

Для измерения дозы служат приборы, которые носят название дозиметров, или рентгенометров. Такое название показывает, что приборы измеряют дозу, т. е. определяют число рентгенов. Существует много различных методов измерений, которые могут быть положены в основу конструкций дозиметров. Лучшим из них считается ионизационный метод измерений, т. е. такой метод, когда по степени ионизации воздуха в замкнутом объеме судят о величине дозы, получаемой за единицу времени.

Принципиальная схема такого прибора состоит из трех основных элементов: ионизационной камеры ( $K$ ), источника напряжения ( $U$ ) и прибора, измеряющего ионизационный ток ( $i$ ) (рис. 8).

Ионизационная камера представляет собой ограниченный стенками камеры объем, в котором находится воздух. В этой камере есть два электрода, на которые подается напряжение от источника напряжения ( $U$ ). Электрическая цепь, состоящая из камеры, источника питания и прибора, является разомкнутой цепью, по которой не может протекать электрический ток, так как электроды камеры удалены друг от друга и разделены слоем воздуха. В нормальных условиях воздух можно рассматривать как изолятор. Стенки камеры делают из такого материала, который способен пропускать излучение. По-

этому как только излучение, например,  $\gamma$ -лучи, проникнет внутрь камеры, в воздухе появятся заряды (положительные и отрицательные ионы). Наличие электрических зарядов в воздухе делает последний проводящим, а поэтому через электрическую цепь, состоящую из камеры, источника напряжения и прибора, потечет электрический ток. Чем больше энергии будет поглощаться в

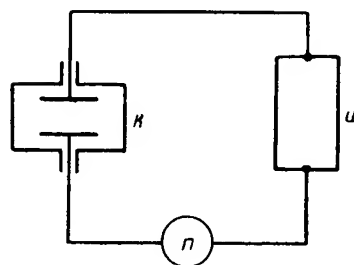


Рис. 8. Принципиальная схема ионизирующего дозиметра.  
 К — ионизационная камера; П — источник напряжения; И — прибор, измеряющий ионизационный ток.

камере в единицу времени, тем сильнее будет ионизационный ток. Ток, измеряемый прибором, пропорционален мощности дозы. Поэтому, отсчитав число делений по шкале, градуированной в мощностях дозы прибора, можно сразу получить ответ на вопрос, какова мощность дозы. Мемой тока ( $i$ ) является электрический заряд  $q$ , переносимый в единицу времени. Поэтому ток, протекающий в течение времени ( $t$ ) перенесет электрический заряд ( $q$ ), равный  $q = i \cdot t$ .

Если ионизационный ток является мерой мощности дозы ( $Pd$ ), то, очевидно, перенесенный электрический заряд является мерой дозы. Это обстоятельство использовано в приборах для измерения дозы — дозиметрах. Такие приборы отсчитывают дозу независимо от времени, в течение которого она будет получена. Шкала таких приборов градуируется в рентгенах.

Имеется большое число самых разнообразных дозиметрических приборов. Их конструктивное оформление определяется особенностями использования прибора в каждом отдельном случае.

С помощью дозиметров и рентгенометров измеряют дозы и мощности дозы излучения. В ряде случаев представляется необходимым определить число частиц, излучаемых радиоактивным веществом. Для этой цели используются специальные счетчики.

Необходимо отметить, что счетчики способны зарегистрировать число отдельных единиц, но они не могут

определить количество поглощенной энергии, от которой зависит степень ионизации среды. Тем не менее эти приборы очень полезны в качестве легких приборов для обнаружения ионизационных излучений.

Счетчик представляет собой металлический или стеклянный цилиндр, на стенки которого нанесено металлическое покрытие. Этот проводящий слой является одним из электродов счетчика. Вторым электродом служит тонкая проволока, расположенная по оси цилиндра и изолированная от наружного цилиндрического электрода (рис. 9). К этим электродам подводится напряжение от



Рис. 9. Счетная трубка.

500 до 2000, вследствие чего между ними возникает сильное электрическое поле. Все пространство в счетчике заполнено воздухом или смесью паров и газов при давлении в несколько сантиметров ртутного столба.

При попадании заряженной частицы в счетную трубку эта частица создает внутри счетчика на своем пути ионы. Образовавшиеся ионы под действием электрического поля перемещаются к электродам, увеличивая свою скорость и энергию. При этом отрицательные ионы, или электроны, двигаясь к положительно заряженной нити, вблизи ее приобретают энергию, достаточную для того, чтобы, встретив на своем пути нейтральную молекулу, вновь разбить ее на ионы. Образовавшиеся при таких ударах электроны в свою очередь способны ионизировать газ и образовывать новые ионы. Таким образом, одна частица, попавшая в область счетчика, создает целую лавину ионов, и в счетной трубке возникает электрический заряд в виде кратковременного, но сильного тока (импульс тока). Несомненно, что такой разряд легко может быть зарегистрирован, чего нельзя было бы сделать непосредственно для одной частицы.

Число импульсов тока пропорционально числу частиц, попавших в счетчик. Импульс тока длится очень короткое время, порядка одной десяти тысячной доли секунды,

и прекращается после того, как положительные ионы дойдут до цилиндрической оболочки счетчика.

При попадании на счетчик  $\gamma$ -квантов часть из них вырывает из стенок счетчика электроны; те электроны, которые попадают внутрь счетчика, регистрируются. Благодаря тому, что счетчики  $\gamma$ -квантов имеют толстые стенки,  $\alpha$ -частицы и большая часть  $\beta$ -частиц не могут пройти сквозь стенки, а потому такие счетчики для регистрации  $\alpha$ - и  $\beta$ -частиц непригодны.

Электрическое устройство, в которое включен счетчик, устроено так, что при развитии разряда автоматически устанавливается такой режим питания, при котором этот разряд гаснет. После того как разряд прекратился, счетчик готов к регистрации новой частицы. Счет возникающих импульсов тока, а следовательно, счет ионизирующих частиц, производится автоматически с помощью счетных устройств.

Дозиметры изготавливаются:

- а) для индивидуального контроля,
- б) для определения загрязненности поверхностей,
- в) для определения загрязненности воздуха,
- г) для определения загрязненности воды, а также как индикаторы излучений.

К последней группе относятся приборы, которые позволяют обнаружить радиоактивные излучения. При наличии радиоактивных излучений прибор с помощью какого-либо приспособления дает сигнал (например, срабатывает зуммер, зажигается лампочка и т. д.). Такие приборы имеют чрезвычайно важное значение. Эту группу приборов называют индикаторами излучений; в отдельности такие приборы называют радиощупами, мониторами, а иногда и просто индикаторами.

#### **Прибор для индивидуального контроля**

Принципиальная схема такого дозиметра представлена на рис. 10, где  $C$  обозначает конденсатор, которому сообщается определенный электрический заряд  $q$ ,  $K$  — ионизационную камеру с прозрачными для излучения стенками,  $\mathcal{E}$  — простой электрометр, который показывает разность потенциалов на пластинках конденсатора.

Как только в ионизационную камеру попадает излучение, в ней образуется ионизационный ток и через какой-то



промежуток времени конденсатор  $C$  теряет некоторую часть электрического заряда. Величина потерянного заряда, как указывалось выше, может служить мерою дозы, созданной излучением в месте нахождения камеры. Показания электрометра пропорциональны величине потерянного конденсатором заряда, а потому шкала электромет-

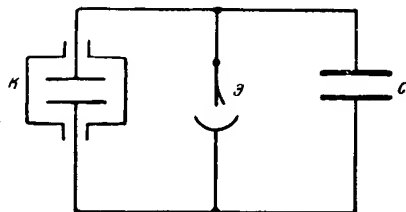


Рис. 10. Принципиальная схема дозиметра индивидуального контроля.  
 $C$  — конденсатор, которому сообщен определенный электрический заряд;  $K$  — ионизационная камера;  $Э$  — электрометр.

ра может быть отградуирована в рентгенах. Такой метод измерения дозы носит название «метода разряда», так как в данном случае о дозе судят по потере заряда кон-



Рис. 11. Карманный дозиметр. Внешний вид.

денсатором. Электроды ионизационной камеры и электрометр сами по себе обладают определенной электрической емкостью, а поэтому в ряде приборов ограничиваются емкостью указанных элементов и тогда надобность в отдельном конденсаторе отпадает. На рис. 11 показан внешний вид карманного дозиметра. Дозиметр по форме и размерам приближается к авторучке. Корпус его сделан из алюминия, в нем содержится электрометр, ионизационная камера и микроскоп (верхняя часть ручки). С помощью микроскопа можно наблюдать перемещение нити электрометра.

Перед тем как передать такой дозиметр лицу, вступающему в зону излучения, аппарат должен быть заряжен. Для этого существует специальное зарядное устройство. Для заряда необходимо отвинтить нижний предохранительный колпачок и вставить дозиметр в отверстие зарядного устройства. В заряженном дозиметре, если посмотреть в окуляр микроскопа (верхняя часть ручки), нить электрометра видна на нулевом делении шкалы. При отсутствии излучения нить электрометра будет перемещаться по шкале только из-за утечки заряда. Вследствие утечек перемещение нити за сутки не должно быть более 5%.

Как только дозиметр попадает в поле излучения, нить электрометра начинает перемещаться, а по числу делений шкалы, на которые переместилась нить, судят о величине дозы, полученной лицом, носящим дозиметр.

Дозиметры изготавливаются на различные пределы измерений (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Тип дозиметра	Пределы измерений в г	Цена одного деления
ДК 0,2 . . . . .	0,2	10 мг
ДК 5 . . . . .	5,0	0,05 г
ДК 50 . . . . .	50,0	0,5 г

#### Дозиметры контроля защиты (ДКЗ)

Для проверки пригодности защитных сооружений от вредного действия  $\gamma$ -излучения изготавливается специальный дозиметр, который сокращенно называют ДКЗ (рис. 12).

Камера дозиметра, обладающая емкостью, заряжается до определенного потенциала от батарей, находящихся внутри прибора. Как только излучение будет попадать в камеру, проходя через ее тонкие стенки, в последней образуется ионизационный ток, вследствие чего разность потенциалов между электродами будет уменьшаться.

Для регистрации разности потенциалов служит система из электрометрической лампы и измерительного

прибора микроамперметра. При измерениях на электро-  
ды камеры подается определенное напряжение  $U_1$ ; облу-  
чение ведется до тех пор, пока эта разность потенциалов  
не уменьшится до некоторого определенного значения  
 $U_2$ . Время, в течение которого наблюдается падение на-

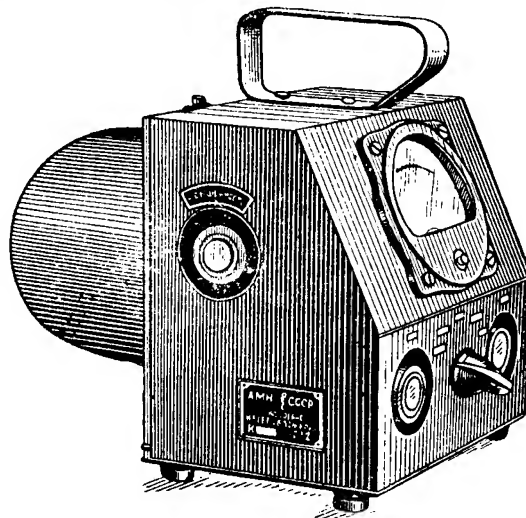


Рис. 12. Дозиметр контроля защиты «ДКЗ».

пряжения от  $U_1$  до  $U_2$ , регистрируется секундомером. Измеряемая мощность дозы будет тем больше, чем скорее происходит разряд.

#### Приборы для контроля радиоактивных загрязнений поверхностей

Ранее указывалось, что при взрыве атомной бомбы источниками ядерного излучения являются главным образом продукты деления ядер и частично — атомы  $U^{235}$  или  $Pu^{239}$ , которые не подверглись делению при взрыве. В некоторых случаях излучение будет возникать в результате воздействия нейтронов на различные элементы, находящиеся на земле или в воде. Эти продукты могут быть рассеяны в воздухе в виде мелкой пыли, а также выпасть на землю из радиоактивного облака, образующегося в момент взрыва.

Радиоактивные заряды могут быть настолько велики, что пребывание в этом районе будет далеко не безопасным. Различные предметы обихода, снаряжение, одежда, а также и само тело человека могут быть также заражены этими радиоактивными продуктами. Для определения степени зараженности служат специальные приборы.

На рис. 13 показано схематическое устройство такого прибора. Он состоит из: 1) ионизационной камеры, объем

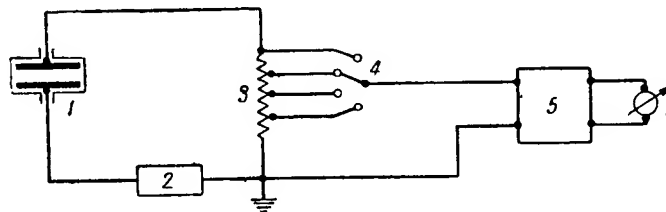


Рис. 13. Схематическое устройство прибора для измерения  $\gamma$ -излучения.

которой около 1000 см<sup>3</sup>, 2) батарей для подачи напряжения на электроды камеры, 3) сопротивления, поделенного на секции, 4) переключателя, позволяющего подключить радиотехническую схему усилителя (5) к той или иной части сопротивления, отчего изменяются диапазоны чувствительности прибора, (5) усилителя, (6) измерительного прибора, проградуированного в единицах мощности дозы. Подобные приборы имеют три или четыре диапазона.

Ниже показаны примерные диапазоны чувствительности:

1-й диапазон	0 — 2,5 мг/час
2-й »	0 — 100 мг/час
3-й »	0 — 5 г/час
4-й »	0 — 250 г/час

Благодаря расположению ионизационной камеры внизу ящика, данным прибором удобно производить измерение  $\gamma$ -излучения загрязненных поверхностей.

Для определения загрязненности поверхности кожи и одежды используют счетчики, представленные на рис. 9.

Для обнаружения и счета  $\alpha$ -частиц могут быть изготовлены подобные же приборы. Они в основном будут отличаться только устройством счетной трубки. В этих случаях форма счетчика может быть видоизменена и отличаться от цилиндрических счетчиков. Для впуска  $\alpha$ -частиц делается окно из очень тонкого материала (капроновая пленка  $0,4 \text{ мг/см}^2$ ), причем размеры его могут быть очень большими. В этих случаях вместо одной ставят несколько нитей, расположенных параллельно. К этой группе принадлежит прибор, носящий название «Ирис».

#### Исследование загрязненности воздуха радиоактивными веществами

Если воздух загрязнен радиоактивными веществами, то вдыхание такого воздуха может оказаться очень вредным. Ниже приведены допустимые уровни загрязнения (табл. 4).

Т а б л и ц а 4  
Допустимые уровни загрязнения  $\alpha$ -активными  
веществами

Среда	Удельная активность продуктов деления $\mu\text{С/см}^3$	Плотность загрязнения $\alpha$ -излучателями $\text{мкг/см}^3$
Воздух . . . . .	$2 \cdot 10^{-10}$	$2,5 \cdot 10^{-11}$
Вода . . . . .	$4 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-5}$

Один из способов определения степени загрязненности воздуха заключается в следующем. Загрязненный воздух поступает в приемник и проходит через слой фильтровальной бумаги. Ток воздуха создается небольшим насосом; количество воздуха, пропущенное через фильтр, определяется с помощью счетчика. После того как через фильтр пройдет определенное количество воздуха, фильтровальная бумага вынимается и с помощью счетчика определяется активность вещества, которое адсорбировалось на фильтре. Поделив числовое значение этой активности (в  $\mu\text{С}$ ) на количество пропущенного через фильтр воздуха в  $\text{см}^3$ , получим удельную активность загрязненного воздуха в  $\mu\text{К/см}^3$ .

### **Исследование загрязненности воды радиоактивными веществами**

В табл. 4 были показаны допустимые уровни загрязненной воды. Вода, как и воздух, нуждается в тщательном контроле на предмет определения степени ее загрязненности.

Для определения количества радиоактивных веществ, находящихся в воде, пользуются счетчиками, которые погружают в жидкость. В отдельных случаях применяются счетчики с плоским окошком, которое располагается над уровнем жидкости. Сосуды и размеры счетчиков должны быть стандартными с тем, чтобы, не прибегая к сложным расчетам, было бы возможно по скорости счета быстро определить степень загрязненности воды.

### **МЕРЫ ЗАЩИТЫ ОТ АТОМНОГО ОРУЖИЯ**

Защитой от ударной волны служат прочные огнестойкие убежища. Лучшими в этом отношении являются железобетонные здания. Прочная железобетонная стенка толщиной 30 см может обеспечить защиту от ударной волны на расстоянии 800 м от места взрыва.

При выборе помещений следует учитывать угрозу пожара, падающей штукатурки. Поэтому лучше всего убежище размещать в нижних этажах или подвальных помещениях. Убежища вне зданий должны находиться в некотором отдалении от последних, чтобы исключить возможность возникновения пожара и поражения людей падающими балками.

Подземные и полуподземные убежища в меньшей степени подвержены действию ударной волны, чем убежища расположенные на поверхности земли. При достаточно толстом земляном покрытии воздействие ядерного излучения может быть полностью исключено.

Каждое убежище должно иметь не менее двух выходов; вместо ступенек следует сделать наклонные сходы. На рис. 14 показаны земляные убежища.

Световое и тепловое излучения при взрыве продолжаются всего несколько секунд.

Для защиты от светового и теплового ожога может быть использована любая преграда: стена из любого материала, глубокие складки местности, а также самые раз-

личные предметы. Одежда, особенно плотная, свободная и светлая может также оказать защитное действие от светового излучения.

Удаление легко воспламеняющихся предметов является обязательной частью общих мероприятий по защите.

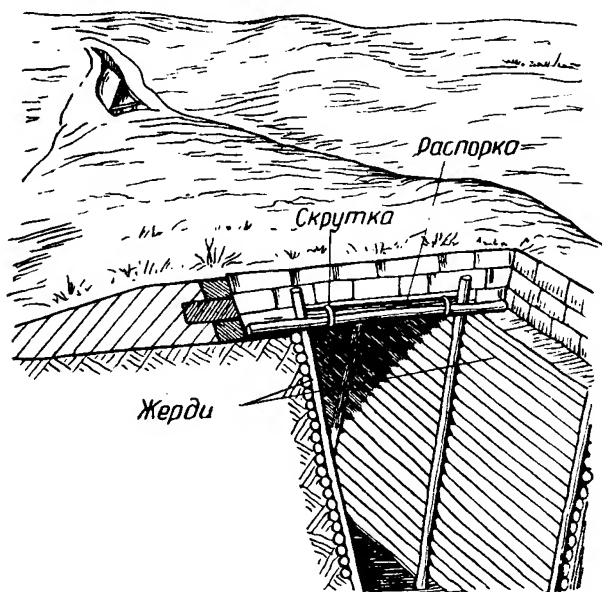


Рис. 14. Земляное убежище.

**Защита от первичного  $\gamma$ -излучения.** Большой проникающей способностью обладает первичное  $\gamma$ -излучение, возникающее при взрыве атомной бомбы.

Ввиду исключительно высокой энергии  $\gamma$ -излучение распространяется довольно далеко от места взрыва.

В табл. 5 представлены величины доз, возникающих за счет первичного  $\gamma$ -излучения в зависимости от расстояния, на котором произошел взрыв номинальной атомной бомбы<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Под номинальной атомной бомбой понимается бомба, которая при взрыве выделяет такую же энергию, как при взрыве 20 000 тонн тротила.

Таблица 5

Расстояние от места взрыва в м	Доза в г
700	8 000
1 100	800
1 400	300
1 800	35
2 200	7
2 700	2

Как видно из табл. 5, по мере удаления от места взрыва доза быстро уменьшается, но на расстояниях около 1 км она во много раз превосходит допустимые пределы.

Ослабить  $\gamma$ -излучение можно с помощью защитных стен или перекрытий. В качестве материала для построения укрытий может быть использован бетон, каменная кладка, земля. В полевых условиях для защиты от  $\gamma$ -излучения, возникающего при взрыве атомной бомбы, может служить слой земли. О том, как влияет толщина защитных материалов на уменьшение дозы, можно судить по данным, приведенным в табл. 6.

Таблица 6

Толщина защиты от  $\gamma$ -лучей

Во сколько раз излучение ослаблено	Толщина защитного слоя в см				
	вода	бетон	железо	свинец	земля
5 . . . . .	76	28	10	4	50
10 . . . . .	100	38	13	6	70
50 . . . . .	180	63	21	10	110
100 . . . . .	200	76	24	12	130
1 000 . . . . .	280	100	35	17	175

Защита от радиоактивных загрязнений. После взрыва атомной бомбы в воздухе в виде взвешенных частиц, а также на земле в виде осажденных частиц, появляются радиоактивные вещества, состоящие в основном из продуктов деления  $U^{235}$  или  $Pu^{239}$ .

Загрязненные радиоактивными веществами поверхности являются источниками  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучения.

Активность продуктов деления изменяется в зависимости от времени (табл. 7).



**Т а б л и ц а 7**  
**Относительное значение активности продуктов деления**

Время после взрыва	Относительное значение активности	Время после взрыва	Относительное значение активности
1 минута . . .	10,0	20 часов . . .	0,03
1 час . . . . .	1,0	1 день . . . . .	0,02
2 часа . . . . .	0,5	1 неделя . . . . .	0,002
3 » . . . . .	0,3	1 месяц . . . . .	0,0004
4 » . . . . .	0,2	2 года . . . . .	0,000001
10 часов . . . . .	0,07		

Значение этой закономерности чрезвычайно важно. Если в загрязненной местности находится пострадавший и в момент его обнаружения измерена мощность дозы, то, зная, сколько времени прошло от момента взрыва до момента измерения, можно подсчитать, какую дозу получил пострадавший. Следует помнить, что при атомном взрыве доза, полученная пострадавшим, определяет степень поражения, а отсюда и необходимую первую помощь.

**Т а б л и ц а 8**  
**Изменение мощности дозы и дозы в зависимости от времени, прошедшего после взрыва**

Время в часах	Мощность дозы в г/час	Доза в г	Время в часах	Мощность дозы в г/час	Доза в г
0 01	250	0,4	5,0	0,15	7,16
0,02	100	0,8	6,0	0,12	7,7
0,03	65	1,3	7,0	0,1	7,8
0,04	45	2,0	8,0	0,09	7,9
0,05	35	2,3	9,0	0,08	8,0
0,08	20	3,0	10,0	0,07	8,2
0,1	15	3,3	20	0,03	8,5
0,2	7	4,3	30	0,02	8,8
0,3	4,5	5,0	40	—	8,9
0,4	3,0	5,2	50	—	9,0
0,5	2,2	5,5	100	—	9,3
0,8	1,3	6,0	200	—	9,5
1,0	1,0	6,2	300	—	9,7
2,0	0,5	7,0	400	—	9,8
3,0	0,3	7,2	500	—	9,9
4,0	0,2	7,4	1 000	—	10,0

Для планирования работы персонала, вступающего в загрязненную зону и снабженного специальной защитной одеждой и индивидуальными дозиметрами, необходимо произвести предварительный расчет допустимого времени пребывания в этой зоне.

Для определения дозы, полученной пострадавшим во время нахождения его в зоне загрязнения радиоактивными продуктами, может быть использована табл. 8. Приведем пример того, как ею надо пользоваться.

Пример. В момент подхода к пострадавшему человеку через 2 часа после взрыва, как это было установлено на основании измерений, мощность дозы соответствовала 1,5 г/час.

В табл. 8 указано, что по истечении 2 часов мощность дозы равна 0,5 г/час. Измеренная мощность дозы оказалась в 3 раза больше, чем в таблице ( $\frac{1,5}{0,5}$ ).

Согласно этой же таблице, человек, пробывший в данной местности 2 часа, получит дозу излучения, равную 7 г. Так как измеренная мощность дозы была фактически в 3 раза больше указанной в таблице, то соответственно и полученная за 2 часа доза будет также в 3 раза больше, т. е.  $7 \times 3 = 21$  г.

Кроме того, важно заранее знать, какую дозу лучей может получить персонал, вступающий в зараженную зону.

Для решения этой задачи можно использовать табл. 9. Допустим, что санитарный отряд должен вступить в загрязненную зону через 2 часа после взрыва. Служба МПВО доносит, что к этому времени мощность дозы в районе работ равна 15 г/час. Санитарный отряд в этом районе должен работать в течение 2 часов. По таблице находим графу, соответствующую 2 часам, истекшим после взрыва, и строку, в которой указано время пребывания в загрязненной зоне (2 часа). В месте пересечения этих строк стоит число 1,3. Для определения дозы необходимо измеренную мощность дозы (15 г/час) умножить на найденный в таблице коэффициент (1,3). Доза за 2 часа равна  $15 \times 1,3 = 19,5$  г.

Пример. Второй санитарный отряд должен вступить в тот же самый район сразу же после возвращения первого отряда и находиться в нем 3 часа. Необходимо подсчитать, какую дозу получит персонал отряда.

Мощность дозы через 2 часа после взрыва равна:

$$P = 15 \text{ г/час.}$$

Пользуясь табл. 8, легко подсчитать, что мощность дозы по времени, соответствующему 4 часам, уменьшится в  $\frac{0,5}{0,2} = 2,5$  раза, а следовательно, будет равна:

$$\frac{15}{2,5} = 6 \text{ г/час.}$$

В табл. 8 находим значение пересчетного коэффициента, соответствующего истекшему времени после взрыва — 4 часам, и длительности пребывания в загрязненной зоне — 3 часа. Этот коэффициент равен 2,2. Следовательно доза, полученная персоналом отряда, будет равна:

$$6 \cdot 2,2 = 13,2 \text{ г.}$$

#### **ДЕЗАКТИВАЦИЯ ЗАРАЖЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ И САНИТАРНАЯ ОБРАБОТКА ЛИЧНОГО СОСТАВА**

Наряду с различными работами по оказанию помощи населению, пострадавшему при взрыве, немалое внимание придется уделять вопросам дезактивации.

Специальные команды устанавливают степень зараженности местности радиоактивными веществами и обозначают исследованные участки определенными знаками.

Говоря о дегазации отравляющих веществ, необходимо помнить, что под этим понимается уничтожение активности их путем воздействия на них различными химическими продуктами.

При работе с радиоактивными веществами дезактивация понимается не как способ уничтожения радиоактивных веществ, а как способ ее удаления, так как уничтожить радиоактивность какими-либо химическими средствами нельзя. Задача дезактивации — свести к минимуму опасность, обусловленную радиоактивными загрязнениями.

С этой целью необходимо провести следующие мероприятия.

1. Полностью устранить загрязненный предмет, зарыв его в землю или сбросив в море. Если вопрос касается небольшой территории, например, прохода, то следует снять

42

Таблица 9

Общая относительная доза излучения, полученная в загрязненной продуктами деления зоне

Время пребывания в загрязненной зоне	Количество часов, прошедших после взрыва											
	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	40	50
12 минут . . . . .	0,18	0,19	0,19	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
30 » . . . . .	0,4	0,42	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
1 час . . . . .	0,65	0,8	0,83	0,86	0,90	0,92	0,94	0,96	0,98	0,99	1,0	1,0
2 часа . . . . .	1,0	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0	2,0	2,0
3 » . . . . .	0,2	1,6	2,0	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	2,9	3,0
8 часов . . . . .	1,7	2,5	3,3	4,0	4,3	4,6	5,0	5,5	6,3	7,0	7,2	7,3
16 » . . . . .	2,2	3,5	5,2	5,5	6,2	7,0	8,0	9,0	10,1	11,0	12,0	13,0
1 день . . . . .	2,0	4,0	5,5	6,3	7,0	8,0	10,0	11,0	14,0	16,0	17,0	17,0
2 дня . . . . .	2,5	5,0	6,5	8,0	9,0	10,0	12,0	13,0	20,0	25,0	28,0	30,0

слой загрязненной земли или, наоборот, накидать слой земли, не загрязненной радиоактивными веществами.

2. Изолировать загрязненный предмет на некоторое время, пока активность не уменьшится до предельно допустимых уровней.

3. Очистить предмет от радиоактивных загрязнений.

Удаление радиоактивного вещества или поверхностного слоя предмета, в который каким-либо образом проникло радиоактивное вещество, можно осуществить как чисто физическими, так и химическими приемами.

Для разработки методики химической дезактивации необходимо знать, какими радиоактивными веществами обусловлено загрязнение. Так как радиоактивные вещества представляют собой сложную смесь, необходимо применять такие химические вещества, которые могут вступать в реакции и способствовать растворению целой группы химических элементов. Это достигается путем применения различных веществ, которые образуют растворимые комплексные соединения.

Вещества, способные образовывать комплексные растворимые соединения, называют комплексообразующими агентами. К числу таких веществ, относятся соли лимонной кислоты и других органических кислот, которые пригодны для дезактивации редкоземельной группы элементов. Концентрированные растворы солей соляной кислоты могут оказаться подходящим растворяющим агентом для изотопов радия, рутения и других важных продуктов деления.

Для удаления загрязненных слоев масляной краски можно применять щелочи.

Для удаления загрязненных окрашенных слоев вместе с химическими средствами может быть рекомендован острый пар, а также обработка окрашенных поверхностей пламенем. Пламя, имеющее высокую температуру (кислородная горелка, пламя паяльной лампы), может оказать двоякое действие. Во-первых, радиоактивные вещества «испарятся» с поверхности. Такой метод дезактивации следует применять на открытом воздухе или в хорошо вентилируемых помещениях, проводя работу в соответствующем костюме и обязательно в маске. Во-вторых, горячее пламя вызовет «коробление» масляной краски, после чего последняя сравнительно легко может быть удалена с поверхности предмета.

Любые растворители — бензин, спирт, керосин — могут оказать значительную помощь при очистке загрязненных радиоактивным веществом поверхностей. Радиоактивные вещества, слабо связанные с поверхностью, например, налеты пыли, осадки земли, смешанные с радиоактивными веществами, могут быть удалены любыми средствами, имеющимися в распоряжении персонала, проводящего дезактивацию.

Преимуществом обладают те способы, от применения которых радиоактивные вещества будут меньше распыляться. Во всяком случае всегда необходимо принимать меры, чтобы предотвратить распыление радиоактивных веществ.

Санитарная обработка личного состава. В первую очередь необходимо производить санитарную обработку личного состава, который соприкасался с предметами, зараженными радиоактивными веществами, с обращением особого внимания на обработку всех не защищенных одеждой частей тела.

Прежде всего нужно тщательно вымыться водой с мылом (особенно волосы, ногти, складки кожи, рот, нос, глаза, уши), предварительно убедившись в том, что употребляемая для умывания вода не загрязнена радиоактивными веществами. Обмывать следует очень осторожно, чтобы не нанести на тело царапин и ссадин, так как повреждения на коже открывают путь для проникновения радиоактивного вещества в ткань. После обмывания с помощью счетчика или другого прибора убеждаются, какова степень загрязненности поверхностей тела. Если загрязнение еще велико, необходимо повторить обмывание; если же загрязненность поверхности кожи не уменьшается, то можно применить химические средства.

Изотонический раствор  $\text{РН}_2$ , или депиляторные (т. е. кералитические) агенты, например, смесь бария и крахмала, позволяют удалить вещества, прочно приставшие к коже. Рекомендуются пользоваться слабым раствором бикарбоната натрия, особенно для обмывания слизистых оболочек, поскольку он является комплексным растворителем для некоторых продуктов деления.

В ряде случаев оказывается эффективным обмывание кожи пастой из двуокиси титана ( $\text{TiO}_2$ ), который, являясь амфотером, способствует растворению ряда веществ. Через 2 минуты пасту снимают, обмывают кожу горячей

водой, а после этого еще раз производят обычное обмывание с мылом.

В некоторых случаях, когда после ряда испробованных средств загрязненность рук сохраняется, можно воспользоваться следующим способом очистки:

- а) руки погружают в насыщенный раствор марганцовокислого калия;
- б) смывают водой;
- в) смывают свежим 5% раствором сернистокислого натрия;
- г) смывают водой.

После очистки руки надо смазать ланолином или другим смягчающим средством.

Следует помнить, что органические растворители для очистки кожи применять нельзя, так как они способствуют проникновению радиоактивных изотопов через кожу.

В аварийных случаях радиоактивное загрязнение следует удалять с кожи любым способом, употребляя для этой цели чистые материалы, находящиеся под рукой: бумага, солома, трава, песок. Однако делать это нужно осторожно, чтобы не поранить или не оцарапать кожные покровы.

---

### ОСТРАЯ ЛУЧЕВАЯ БОЛЕЗНЬ

В результате однократного воздействия массивных доз внешней проникающей радиации или повторного частого облучения меньшими дозами ( $\gamma$ -лучи, рентгеновы лучи, нейтроны), а также при попадании внутрь организма значительных количеств радиоактивных соединений может развиваться общее заболевание, называемое лучевой болезнью. При однократном общем облучении лучевая болезнь развивается от дозы 150—200 г. Меньшие дозы, вызывая значительные сдвиги в жизнедеятельности организма, не приводят к развитию патологического процесса.

Лучевая болезнь отличается от других известных нам патологических процессов. Она имеет определенные сроки развития, этапы течения, специфическую клиническую картину, особый патогенез. Для острой лучевой болезни характерно преимущественное поражение кроветворной системы, пищеварительного тракта, а также сосудистой системы. На более поздних этапах развития болезни типичным является присоединение инфекционных процессов.

При лучевой болезни нарушаются некоторые формы нервно-эндокринной регуляции. Болезнь может развиваться не только после общего воздействия проникающей радиации, но и в результате массивного облучения какого-либо крупного отдела организма — головы, грудной клетки, живота, таза. Воздействие больших доз проникающей радиации на небольшие участки организма, не приводя к лучевой болезни, может вызвать ограниченное (локальное) поражение отдельных органов и тканей (семенников, кожи, участков кроветворной ткани). Воздействие мало проникающей радиации ( $\alpha$  и  $\beta$ -лучи), вызывая тяжелое поражение покровных тканей и общее септическое заболевание, по данным большинства исследователей, не приводит к развитию лучевой болезни.



При попадании внутрь организма радиоактивных веществ, излучающих те же  $\alpha$ - или  $\beta$ -лучи, развивается типичная форма лучевой болезни, не отличающаяся от процесса, вызванного внешней проникающей радиацией.

Основным условием возникновения лучевой болезни является распространение радиоактивных веществ по разным органам и тканям. В условиях атомного взрыва или при авариях атомных котлов одновременно воздействуют различные факторы — механический, термический, световой и радиационный. Это приводит к развитию комбинированных поражений — травматических и ожоговых, травматических и лучевых и т. п., — которые могут значительно изменять развитие и течение лучевой болезни.

Травматические и ожоговые поражения отягощают течение лучевой болезни, в то же время шоковое состояние может значительно смягчить тяжесть этого заболевания.

Острая лучевая болезнь в зависимости от силы лучевого воздействия может протекать с различной степенью тяжести. Различают три варианта острой лучевой болезни: легкий (возникает от дозы 150—200 г), средний (доза 240—400 г) и тяжелый (доза 500—600 г).

При воздействии проникающего излучения во всех указанных дозах заболевание длится около месяца, либо переходя в выздоровление, либо осложняясь тем или иным патологическим процессом. В отдельных случаях возможен летальный исход. Своевременно проведенные профилактические и лечебные мероприятия могут значительно облегчить состояние больных и спасти их от смерти.

Действие проникающего излучения в еще больших дозах (до 2000 г и выше) приводит к крайне тяжелым формам заболевания со смертельным исходом в течение первой недели. Огромные дозы (20 000—30 000 г) могут привести к острейшей, шокopodobной форме патологического процесса, протекающей с резким нарушением функций центральной нервной системы. Смерть наступает под лучом или в первые 20—40 часов после воздействия.

Возможность успешного лечебного вмешательства при поражении проникающей радиацией в дозах, в несколько раз превышающих смертельную, также крайне ограничена.

Различные формы острой лучевой болезни имеют сходные черты: во всех случаях поражаются одни и те же си-

стемы, процесс проходит те же этапы, развивается по тем же законам и различия в тяжести болезни являются лишь количественными, а не качественными. При лучевой болезни различной тяжести вскоре после облучения могут наблюдаться так называемые начальные явления (общая ранняя реакция).

Общая ранняя реакция характеризуется следующими симптомами: головокружение, общая слабость, головная боль, тошнота, рвота, понос. Кожные покровы краснеют, возникает ощущение зуда на коже и покраснение ее (эритема). В крови может наблюдаться увеличение числа лейкоцитов, а иногда и увеличение эритроцитов, свидетельствующее о сгущении крови.

Выраженность подобных явлений зависит от индивидуальных особенностей организма (его исходного состояния и реактивности) и может колебаться от полного отсутствия реакции вплоть до развития тяжелого полубморочного состояния.

Степень выраженности начальных явлений не определяет тяжести основного патологического процесса; нередко наблюдается расхождение между выраженностью начальных реакций и степенью лучевой болезни: при тяжелых формах отсутствуют начальные признаки болезни и, наоборот, при легких формах отмечаются выраженные первичные реакции.

Прекращение начальных явлений в случае их выраженности не означает выздоровления, но субъективно воспринимается как облегчение состояния больного, что дало основание некоторым клиницистам обозначить этот период как скрытый (латентный) период относительного благополучия.

В действительности первый период заболевания характеризуется значительными нарушениями ряда функций организма, что в определенных условиях может привести даже к летальному исходу. С первых дней заболевания развивается нарушение функции кроветворных органов, что находит отражение в изменениях периферической крови. В крови наблюдается нарастающая убыль белых клеток — лейкопения. В зависимости от формы заболевания лейкопения достигает различной степени. При лучевой болезни средней тяжести уже через несколько часов после облучения в периферической крови может наблюдаться уменьшение количества белых кровяных

телец на 30—50 %. Это снижение числа лейкоцитов прогрессирует, достигая минимума на 4—5-е сутки. Развивающаяся лейкопения протекает с абсолютной и относительной лимфопенией.

Содержание лимфоцитов уменьшается особенно быстро, снижаясь уже через сутки до 3—6% (вместо 20—25 % в норме). Абсолютное число нейтрофилов также

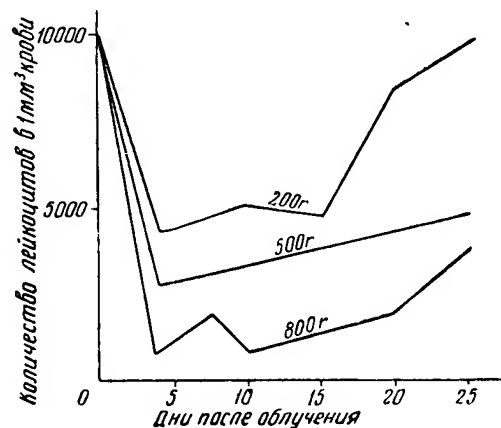


Рис. 15. Развитие лейкопении у кроликов при лучевой болезни различной тяжести (из работы Л. Джекобсона).

уменьшается, но значительных сдвигов в сторону молодых или старых форм их не наблюдается. К 3—5-м суткам в некоторых случаях из периферической крови полностью исчезают лимфоциты, а иногда и все белые кровяные клетки (рис. 15).

Наличие дополнительных поражений организма (травмы, ожоги) может препятствовать развитию лейкопении— в крови может наблюдаться увеличенное количество лейкоцитов. Однако в случае выраженной тяжелой формы лучевой болезни тенденция к лейкопении оказывается преобладающей. Так, у жертв атомного взрыва в Нагасаки и Хиросиме (Япония), подвергшихся воздействию больших доз ионизирующей радиации и получивших одновременно травматические и термические повреждения, уже на 3-и сутки наблюдалась резкая лейкопения вплоть до полного исчезновения белых клеток крови.

Несмотря на резкую убыль белых кровяных телец, значительных нарушений в красных кровяных элементах не наблюдается. В этот период нет нарушения величины, формы эритроцитов и их количества. Содержание гемоглобина также существенно не изменяется. Тромбоцитопения не так резко выражена, как лейкопения. Число пластинок значительно уменьшается, однако сокращение их происходит не так резко, как лейкоцитов.

В кроветворных органах наблюдаются атрофические и дистрофические изменения: они уменьшаются в объеме, меняется их гистологическая структура. Из костного мозга исчезают клетки миелоидного и эритроидного ряда, лимфоидные элементы, т. е. незрелые, клеточные формы, идущие на построение клеток периферической крови, и остаются ретикуло-эндотелиальные и жировые клетки. Такая гистологическая картина соответствует угнетенному состоянию кроветворных органов, не производящих клетки крови.

В этот же период на 2—6-е сутки нарушенными оказываются все основные стороны деятельности желудочно-кишечного тракта.

1. Наблюдается резкое нарушение тонуса и моторики, замедляется прохождение пищевых веществ, желудок и кишечник атоничны, растянуты.

2. Нарушается работа пищеварительных желез желудка, подавляется или полностью прекращается выработка пепсина и соляной кислоты, снижается желчеобразовательная и желчевыделительная функция печени, нарушается секреция желез двенадцатиперстной кишки.

3. Все это приводит к нарушению переваривания пищи; непереваренная пища разлагается, что служит источником дополнительного раздражения и создает условия для развития и размножения микробной флоры.

4. Нарушаются процессы всасывания отчасти в результате нарушения переваривающей способности желудка и кишечника, отчасти вследствие значительных сдвигов в общих обменных процессах и в определенной степени вследствие нарушения структуры и функции самого физиологического аппарата тонкого кишечника, ведающего процессами всасывания.

5. Нарушается функция поддержания водно-солевого равновесия, осуществляемая толстым кишечником. Организм теряет значительное количество минеральных

солей и воды, что ведет к сложным компенсаторным сдвигам в плазме крови и тканевой жидкости.

6. Нарушается эвакуаторная функция пищеварительного тракта: наряду с задержкой выведения из организма продуктов пищеварения наблюдаются явления раздраже-

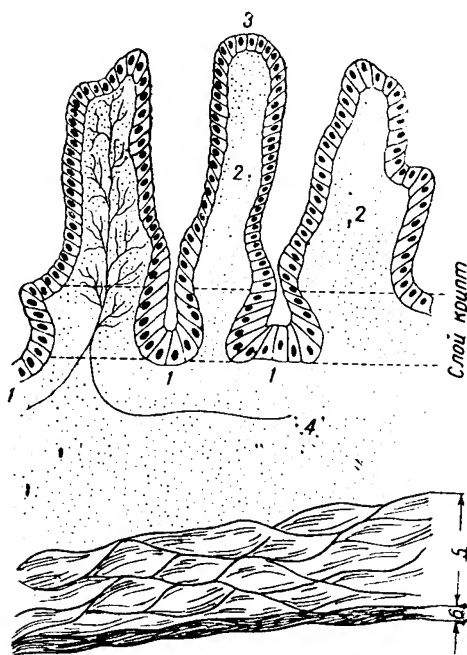


Рис. 16. Эпителий тонкого кишечника нормальной необлученной крысы. Схема (из работы Л. Ф. Семенова).

1 — крипты; 2 — ворсинки; 3 — слизистая;  
4 — подслизистая оболочка; 5 — мышечный  
слой; 6 — серозная оболочка.

ния и воспаления тонкого или толстого кишечника и развиваются энтеритические или колитические поносы.

Параллельно с этими функциональными нарушениями развиваются структурные изменения, которые затрагивают главным образом слизистые покровы желудочно-кишечного тракта.

Отмечается атрофическое состояние пищеварительных желез желудка, наиболее резко выявляются нарушения

в слизистой тонкого кишечника — она резко истончается, обнаруживаются участки, не покрытые слизистой оболочкой, в результате чего вес тонкого кишечника (по экспериментальным данным) снижается на 30—40% к 3—5-м суткам заболевания (рис. 16, 17, 18).

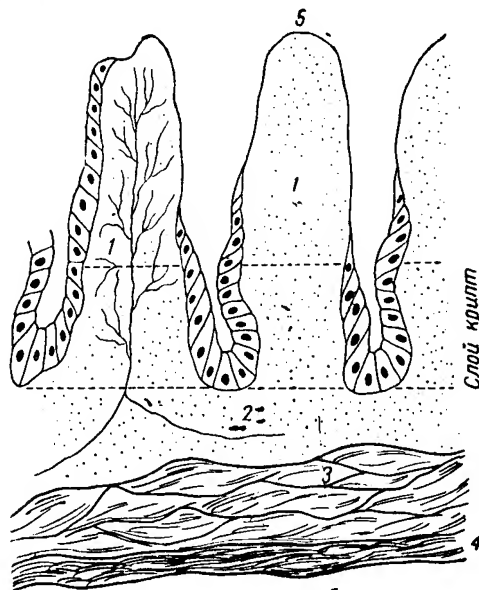


Рис. 17. Нарушения в эпителии тонкого кишечника крыс при лучевой болезни (доза 900 г). Первая стадия изменений. Истончение слизистой оболочки, исчезновение крипт. Схема (из работы Л. Ф. Семенова).

1 — ворсинки; 2 — подслизистая оболочка; 3 — мышечный слой; 4 — серозная оболочка; 5 — слизистая.

В толстом кишечнике в эти сроки наблюдаются не столь значительные структурные изменения.

Патологические изменения в кишечнике нарастают и достигают наибольшего выражения на 4—6-е сутки, а затем ослабевают. В зависимости от тяжести лучевой болезни они могут быть выражены по-разному — от значительно тяжелых нарушений с клиническими симптомами в виде нарушения аппетита, обложенного языка, поносов,

рвоты (3—6-е сутки) при тяжелой форме лучевой болезни до незначительных сдвигов функции пищеварительного тракта без выраженной симптоматики и жалоб больного.

В первую неделю болезни лихорадочное состояние не развивается, температура несколько ниже нормальной.

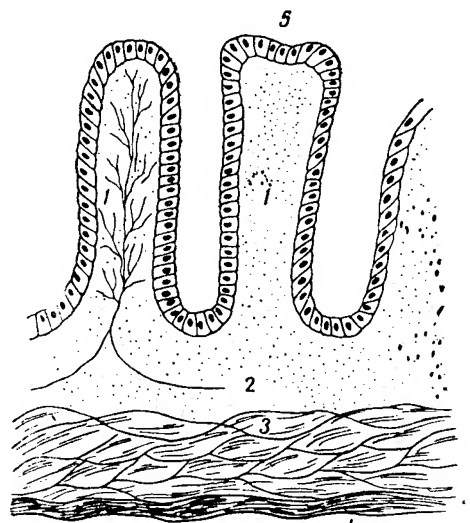


Рис. 18. Нарушения в эпителии тонкого кишечника крыс при лучевой болезни (доза 900 г). Вторая стадия изменений. Истончение слизистой оболочки, обнажение ворсинок. Начало восстановления (крипты восстановлены). Схема (из работы Л. Ф. Семенова).

1 — ворсинки; 2 — подслизистая оболочка; 3 — мышечный слой; 4 — серозная оболочка; 5 — слизистая.

Даже при тяжелой форме лучевой болезни в этот период не выявляется значительных нарушений сосудистой системы; отмечается лишь снижение кровяного давления. Выделительная система, дыхательная система, кожные покровы — без значительных отклонений от нормы.

Таким образом, первая неделя заболевания является «относительно благополучным» периодом только при легкой форме болезни. При средней и тяжелой формах лучевой болезни симптомы нарушения пищеварительной и кроветворной систем в эти сроки значительно выражены.

На 2—3-й неделе заболевания обнаруживается тенденция к восстановлению функции кроветворения. При легкой степени лучевой болезни кроветворные органы полностью приходят к норме на 10—14-е сутки, хотя в периферической крови наблюдается еще дефицит белых клеток и намечается небольшая анемия (убыль эритроцитов). При средних и тяжелых формах кроветворные

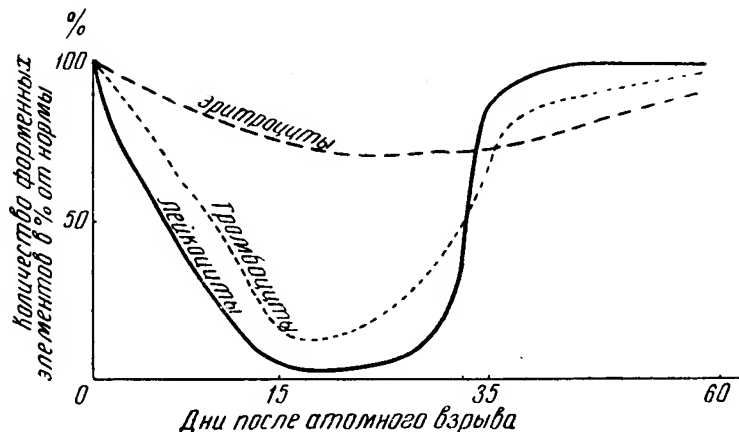


Рис. 19. Изменения клеток крови у людей на различных этапах лучевой болезни (из работы Н. Кусано).

органы восстанавливаются медленнее и дефицит белых клеток в периферической крови остается значительным в течение 2—3 недель (лейкопения до 1000—2000 клеток в  $1 \text{ мм}^3$ ); к лейкопении присоединяется анемия, количество эритроцитов снижается на 30—40% по отношению к исходному уровню (рис. 19). Пищеварительная система при легкой форме заболевания также нормализуется (в дальнейшем иногда возможны инфекционные осложнения).

При более тяжелых формах болезни наступившая нормализация иногда сменяется поздними нарушениями (на 3-й неделе) данной системы. При этом могут наблюдаться следующие явления: 1) нарушение моторики, обычно с преобладанием спастических процессов, усиление перистальтики, что иногда может приводить к инвагинациям, развитию непроходимости и некрозам участка кишечника; 2) язвенные процессы — одиночные трофические язвы в желудке и в двенадцатиперстной кишке, множествен-



ные язвы в толстом кишечнике — язвенные колиты, язвенные поражения ротовой полости и глоточного кольца; 3) инфекционные энтериты и колиты. Указанные нарушения пищеварительной системы появляются не так закономерно, как поражения кишечника на первой неделе заболевания. В отдельных случаях преобладает та или иная форма поздних нарушений.

На смену имевшимся системным нарушениям появляются новые. На 2—3-й неделе развивается так называемая геморрагическая фаза лучевой болезни. Она выражается в появлении множественных кровоизлияний в различных органах и тканях. Эти кровоизлияния бывают мелкими точечными, петехиальными и большими, очаговыми. Иногда развиваются массивные кровотечения, непосредственно угрожающие жизни. Кровоизлияния можно обнаружить под кожей, на серозных оболочках, в легких, сердечной мышце, на оболочках мозга и в других органах. Обильные кровотечения могут наблюдаться в кишечнике, в желудке (рис. 20) и в легких.

Развитие геморрагий связано в основном с нарушением функции сосудистой системы и главным образом с поражением мелких артерий и капилляров; при этом обнаруживается как нарушение проницаемости сосудов, так и повышенная ломкость и хрупкость их, возможны разрывы сосудов при ушибах и т. п. Помимо сосудистых нарушений, развитию кровоизлияний способствует недостаточность количества кровяных пластинок (тромбоцитоз) и повышенное количество в крови веществ, препятствующих свертыванию крови (антикоагулянтов). Эти моменты, нарушая механизм свертывания крови, создают условия для возникновения сосудистой недостаточности. Выраженность геморрагических признаков бывает различной степени в зависимости от тяжести заболевания и от индивидуальных особенностей больного.

Вторым нарушением, возникающим в этот период, является ослабление защитных (иммунных) сил организма и как следствие этого — развитие инфекционных осложнений: основные защитные реакции в ответ на микробный раздражитель подавлены, реакция крови (лейкоцитоз) ослаблена; развитие воспалительной реакции заторможено, выработка антител тоже подавлена. Функциональные нарушения некоторых систем в свою очередь создают предпосылки для появления и размножения микроорга-

низмов (застой крови в легких, нарушение переваривания пищи, брожение и гниение ее в кишечнике и т. п.). Наконец, некоторые данные позволяют предполагать повышение чувствительности организма в этот период к различным раздражителям — механическим, химическим и др.

Сочетание повышенной рецепторной чувствительности и пониженных защитных реакций создает условия для развития инфекционных патологических процессов. Этиологическую (причинную) роль в развитии этих осложнений играют как внешние микробные агенты, так и микроорганизмы, обитающие в организме, но не вызывающие ранее заболевания.

Путем проникновения инфекционного агента часто служит желудочно-кишечный и дыхательный тракт, а при наличии комбинированных поражений — ожоговые или раневые поверхности. Наиболее частыми патологическими процессами являются пневмонии, некротические ангины, инфекционные энтериты, дизентерийные колиты и общие септические состояния. Наибольшее количество инфекционных осложнений приходится на конец 2-й — начало 3-й недели. Инфекция обычно присоединяется с нарастанием тяжести лучевой болезни, и чем серьезнее основной процесс, тем чаще развитие инфекционных осложнений. Однако при очень тяжелых формах лучевой болезни организм может погибнуть до развития инфекционных осложнений при отсутствии микроорганизмов в крови и во внутренних органах.

Развитие инфекционных процессов, сопровождающихся лихорадочным состоянием, резкие геморрагические явления дали основание некоторым исследователям именовать эту фазу заболевания периодом клинически выраженных явлений.

В эти же сроки могут наблюдаться патологические изменения на коже — воспалительные и атрофические процессы, истончение кожи, выпадение волос, а также нарушения функции половых желез — нарушение менструального цикла у женщин и сперматогенеза (семяобразования) у мужчин. В то время как нарушения кроветворения, поражения пищеварительного тракта, сосудистые изменения, нарушения иммунитета развиваются при всех формах лучевой болезни независимо от места облучения, поражение кожи и половых желез происходит только при непосредственном облучении этих отделов организма.

В течение заболевания наблюдаются определенные нарушения в регулирующих системах организма — нервной системе и эндокринных органах. Уже в первые часы и дни после облучения обнаруживаются структурные изменения в чувствительных и двигательных нервных



Рис. 20 Геморрагическая фаза лучевой болезни. Кровоизлияния в желудке кролика. 11-е сутки после введения радиоактивного стронция (из работы Л. В. Фунштейна).

окончаниях, особенно в тех органах, которые впоследствии наиболее сильно страдают при лучевой болезни. Функциональными методами исследования (электроэнцефалография) удастся обнаружить нарушение деятельности нервных центров головного мозга непосредственно после облучения. Эти данные свидетельствуют об участии нервной системы в восприятии лучевого воздействия организмом.

Гистологически наиболее значительные структурные изменения обнаруживаются в стволовой части головного мозга и в области четверохолмия, т. е. в области нервной

системы, регулирующей работу внутренних органов. Повидимому, эти изменения развиваются не под влиянием прямого облучения соответствующих центров, а являются следствием раздражения, поступающего в них с периферии (по рефлекторному механизму).

В то же время в высшей нервной деятельности (условнорефлекторная деятельность животных, психическая функция человека) не обнаруживается резких нарушений. В течение острой лучевой болезни у человека не отмечается развития психозов или невротических состояний. Очевидно, в данном случае, так же как и при инфекционных заболеваниях, организм имеет возможность сохранять и поддерживать эту важную функцию, связывающую организм в целом с внешней средой.

Из эндокринных органов наибольшее участие в патологическом процессе принимают гипофиз и надпочечники. Они участвуют главным образом не в процессе восприятия, а в ответной реакции организма. Первые этапы изменения их функции (усиление работы передней доли гипофиза, появление в крови гормонов коры надпочечников) играют защитную роль, а последующее их истощение, повидимому, неблагоприятно сказывается на состоянии кроветворной и пищеварительной системы. Другие железы внутренней секреции (щитовидная железа, поджелудочная железа) не участвуют столь активно в защитных реакциях организма и не претерпевают последующего истощения.

Необходимо отметить, что изменения в эндокринных органах и в нервных центрах развиваются при всех формах лучевой болезни независимо от того, подвергались они непосредственно лучевому воздействию или нет.

Особое место при лучевой болезни занимают половые железы. Их поражение может присоединяться к основному процессу, но они могут и сохранять свои функции. Возможно также изолированное их поражение без развития лучевой болезни.

На 4-й неделе заболевания при легкой форме лучевой болезни преобладают восстановительные процессы. При средней и тяжелой форме в этот период также наблюдается затухание патологических процессов, хотя возвращение к норме большинства систем (кроветворной, сосудистой) задерживается на 1—2 недели. Особенно сильно по сравнению с другими системами задерживается

восстановление кожных покровов и функции половых желез, однако, как правило, и эти органы полностью восстанавливаются. Обычно патологический процесс обрывается к концу месяца, после лучевого воздействия, но в части случаев различные осложнения могут длиться и после окончания основного заболевания.

Типичными осложнениями лучевой болезни являются хронические нарушения кроветворной системы: регуляция кроветворной системы может не прийти к норме и тогда будут наблюдаться анемия, затяжные лейкопенические состояния, а иногда — лейкоз. В качестве остаточных явлений со стороны сосудистой регуляции отмечаются случаи длительной лабильности сосудодвигательного центра, временные (транзиторные) гипертонии, а иногда типичные формы гипертонической болезни.

Иногда наблюдаются длительные хронические патологические состояния кожных покровов — атрофические процессы с истончением кожи, облысением, развитием рубцовых изменений или гиперпластические процессы, гиперкератозы, дискератозы и т. д.

Одно из поздних осложнений — изменение хрусталика и иногда развитие катаракт. Особенно типично развитие катаракт при внешнем облучении нейтронной радиацией.

В поздние сроки могут наблюдаться опухолевые процессы в кроветворной ткани и коже.

Этиология и патогенез. Вопросы этиологии и патогенеза лучевой болезни остаются до настоящего времени в значительной степени не выясненными. Известно, что ионизирующая радиация является причинным (этиологическим) агентом лучевой болезни. Известно также, что биологический эффект ионизирующей радиации связан с процессом ионизации. Однако недостаточно выяснено, как именно, за счет чего ионизация в определенных условиях становится причиной последующего заболевания. В тех дозах, в которых излучение вызывает лучевую болезнь (150—1000 г), оно не является грубо повреждающим воздействием. Сама по себе радиация в подобных дозах не способна вызвать свертывания тканевых белков и разрушения тканевых элементов — ионизирующее излучение в данном случае выступает как специфический раздражитель, в ответ на который развивается реакция организма. В моменте лучевого воздействия особо важное значение имеет восприятие его организмом. Проникаю-

щая радиация через процессы ионизации и образование активных химических радикалов получает возможность вмешиваться в обменные процессы, препятствуя их течению, вызывая в них отклонения. Начальные сдвиги в тканевом обмене становятся источником нервных процессов, вызывают нарушения в центральных регуляторных органах (головной мозг, эндокринные железы), что влечет за собой дальнейшие патологические проявления на периферии. В процессе восприятия лучевого воздействия существенную роль играет раздражение внутренних органов и их иннервации (интерорецептивные окончания); особое значение для восприятия раздражения имеют органы брюшной полости — желудок, кишечник, печень.

Воздействие проникающей радиации на покровные ткани небезразлично для организма и приводит к развитию самостоятельных патологических процессов, однако значение его для развития лучевой болезни значительно меньшее. Как показывают клинические наблюдения и экспериментальные данные, не очень существенно для развития лучевой болезни и прямое воздействие проникающей радиации на область нервных центров головного мозга. Нарушение нервных и эндокринных регулирующих органов происходит по рефлекторному механизму с периферии. Нарушения центральных отделов нервной системы выражаются в развитии различных системных патологических состояний — торможения кроветворения, нарушения функции желудочно-кишечного тракта, поражения сосудистой системы. Эти системные патологические процессы возникают при любых формах лучевой болезни, независимо от того, оказались ли данные органы и ткани в сфере непосредственного воздействия радиации или нет. Ведущей в их развитии является, таким образом, не «полом» исполнительного рабочего органа, а нарушение центральной регуляции.

Указанные системные нарушения являются основой наблюдающихся клинических симптомов (лейкопения, анемия, понос, расстройство пищеварения, язвенные процессы в кишечнике, геморрагия) и в свою очередь вызывают нарушения других систем организма и нервных центров и последующие новые нарушения на периферии. Развивающееся таким образом состояние является нейродистрофическим процессом. Последовательность взаимоотношений и значение отдельных этапов центральных и

периферических нарушений далеко еще не выяснены, но в целом патологический процесс оценивается не как сумма отдельных самостоятельных тканевых или клеточных повреждений, а как единое заболевание, в котором ведущим является нарушение нейро-эндокринных регуляций, переплетающихся с защитными реакциями, направленными на ликвидацию развившихся нарушений и на восстановление функций организма.

Особенности поражения центральной нервной системы при лучевой болезни состоят в преимущественном нарушении отделов, управляющих работой внутренних органов, — нарушается в основном безусловнорефлекторная, или так называемая низшая нервная деятельность, при значительно меньших изменениях высшей нервной деятельности (психической деятельности человека).

Современные представления о патогенезе лучевой болезни создают предпосылки для разработки методов предупреждения и лечения этого заболевания.

**Д и а г н о з.** Важную роль в распознавании лучевой болезни играют данные, полученные путем опроса больного (анамнестические сведения). Они позволяют судить о той обстановке, в которой находился больной, и дают ориентировочное представление о характере лучевого воздействия.

Существенно важным моментом является установление с помощью физических приборов величины дозы воздействия. Приборы, применяющиеся для определения дозы, устроены по принципу учета ионизации воздуха рентгеновыми лучами,  $\gamma$ -лучами и другими ионизирующими излучениями.

Кроме этих приборов, для учета дозы излучения используются счетные трубки и фотопластинки. Как мы указывали выше, степень почернения фотоэмульсии под действием лучей меняется в зависимости от их дозы.

Учет количества (дозы) лучей имеет очень важное значение для распознавания лучевой болезни, так как наличие ответной реакции организма и развитие клинических проявлений сразу после лучевого воздействия наблюдается только при очень больших дозах. При занесении радиоактивных веществ внутрь организма большое значение имеет определение дозы радиоактивного вещества в организме путем учета общей  $\gamma$ -активности тела

(при поднесении счетчика-щупа и т. п.), активности выдыхаемого воздуха, проб крови, мочи и кала.

Определения могут быть произведены при помощи счетной установки *Б* и соответствующих трубок. Необходимо иметь в виду, что для этих исследований должны использоваться счетчики, имеющие очень тонкую стенку, которые дадут возможность выявить наличие веществ, испускающих  $\alpha$ -лучи и мягкие  $\beta$ -частицы.

После определения наличия или отсутствия радиоактивности приступают к осмотру больного. В первые часы или непосредственно после лучевого воздействия (при отсутствии комбинированных поражений, ожогов, травм, кровопотери, шока) могут наблюдаться так называемые начальные явления: отмечается слабость, головокружения, головная боль, тошнота, рвота, понос, бледность кожи и слизистых, колебания артериального давления (подъемы и падения), сдвиги в температуре, изменения в форменных элементах крови, иногда лихорадочное состояние и потеря сознания.

Эти начальные явления затихают через 18—24 часа после лучевого воздействия. Их наличие при учете анамнестических данных может являться свидетельством происшедшего облучения. Однако данный симптомокомплекс не всегда пропорционален дозе облучения. Он в сильной степени зависит от индивидуальных особенностей больного, его общего состояния в момент облучения. Зачастую такие явления развиваются после облучения небольших участков туловища малыми дозами, не приводящими к развитию лучевой болезни.

Таким образом, подтверждая факт облучения, эти симптомы без дополнительных данных врачебного обследования не являются решающими в диагностике лучевой болезни.

В первый период заболевания (первая неделя) наиболее важным для постановки диагноза имеет исследование периферической крови. Для первой недели лучевой болезни характерно наличие выраженной лейкопении в сочетании с абсолютной лимфопенией при относительно благополучном состоянии эритроцитов. Картину дополняет уменьшение числа кровяных пластинок (тромбоцитов) и молодых форм эритроцитов (так называемых ретикулоцитов).

Характерным является нарастание тяжести лейкопении к 3—5-м суткам после лучевого воздействия.



При тяжелой форме лучевой болезни количество лейкоцитов падает до 1000 и даже 800—500 элементов в 1 мм<sup>3</sup> крови. Такая резкая лейкопения свидетельствует о тяжести процесса, но не является признаком неблагоприятного исхода.

Клинические наблюдения и экспериментальные данные указывают на реальную возможность выздоровления после лейкопенического состояния этой степени. Для тяжелых форм заболевания характерны нарушения со стороны пищеварительной системы (отсутствие аппетита, тошнота, поносы, вздутие живота, урчание при пальпации брюшной полости).

Во второй период развития болезни (2—3-я неделя) наблюдается повышение температуры (даже без наличия инфекции). В периферической крови, помимо лейкопении, имеющей различную степень тяжести, отмечается убыль эритроцитов и количества гемоглобина. Время свертывания крови удлинено. При тяжелых формах болезни в этот период могут происходить кровоизлияния на коже, слизистых, иногда внутренние кровотечения. Зачастую наблюдается присоединение инфекции (посевы из крови, иммунологические диагностические реакции). В ротовой полости часто отмечаются язвы на миндалинах (некротическая ангина). В зависимости от тяжести болезни эти проявления будут выражены в разной степени и тот или другой симптом может совершенно отсутствовать. На протяжении всего заболевания отмечается тенденция к понижению давления.

На 3—4-й неделе наблюдается развитие эпилепсии: облысение, частичное выпадение волос и нарушение менструального цикла у женщин (амеоррея).

Могут наблюдаться также воспалительные процессы на коже и нарушения пигментации.

Симптомы лучевой болезни, возникшей после однократного воздействия радиации, в неосложненных случаях исчезают через 1—1½ месяца.

При комбинированных поражениях выяснение наличия лучевого поражения затрудняется преобладанием симптомов, характерных для травм (ушибы, контузии, переломы и трещины костей) или ожогов. При этих повреждениях тоже могут наблюдаться шоковые состояния, кровоизлияния и кровотечения, сгущение крови (при ожогах), инфицирование ран и общее заражение крови.

В таких случаях диагноз лучевой болезни может быть поставлен только при длительном наблюдении за больным на основании динамики заболевания и постепенного поэтапного выявления характерных симптомов (недостаточность кроветворной системы, поносы, геморрагии, облысение, нарушение менструального цикла).

Таким образом, основой для постановки диагноза служат:

- 1) анамнестические данные,
- 2) результаты дозиметрических определений и данные радиационной разведки,
- 3) наличие и выраженность начальных проявлений,
- 4) выраженность основных проявлений заболевания в различные периоды.

#### **ЛЕЧЕНИЕ ОСТРОЙ ЛУЧЕВОЙ БОЛЕЗНИ**

В тех случаях, когда заранее известно, что то или иное лицо подвергается лучевому воздействию (пересечение зараженной местности, оказание помощи больным, подвергшимся воздействию радиоактивного излучения, вынужденное соприкосновение с мощными источниками радиации — реакторами), целесообразно проведение ряда профилактических мероприятий. Так, например, непосредственно перед облучением (за 15—30 минут) могут быть применены вещества, влияющие на процесс восприятия организмом лучевого воздействия.

В качестве профилактических средств используются три группы веществ: преимущественно центрального действия (барбитал, морфин), преимущественно периферического действия, влияющие на нервные окончания (адреналин и др.), и серусодержащие вещества, влияющие как на нервные окончания, так и непосредственно на обменные тканевые процессы (цистеинамин или иначе бекаптан, меркамин).

Rp. Mercamini hydrochlorici 10% 2,0  
in amp.

DS. 1—2 мл внутривенно однократно

Rp. Mercamini salicylici 0,2  
in tabul.

DS. По 1 таблетке перед возможным облучением

В период начальных проявлений (общей ранней реакции) наибольшее практическое значение имеют успокаивающие (седативные) средства — барбамил, люминал, морфин.

Rp. Barbamyli 0,2  
DS. По 1 порошку 2—3 раза в день в течение 1—2 дней после облучения

Rp. Luminali 0,1  
Sacchari albi 0,2  
MDS. По 1 порошку 2 раза в день в первые дни после облучения

Rp. Morphini hydrochlorici 0,01.  
(1% 1,0)  
in amp.  
DS. По 1 ампуле в день подкожно в течение 1—2 дней

Под влиянием этих препаратов проходит тошнота, рвота, головокружения, вызванные перераздражением центральной нервной системы.

Хорошие результаты были получены от применения антигистаминных средств (димедрол и др.), некоторых возбуждающих (фенамин), а также препаратов, устраняющих вегетативные нарушения (белладонна и др.).

Rp. T-rae Belladonnae  
T-rae Nucis vomicae aa 10,0  
MDS. По 10—15 капель 2 раза в день

Rp. Dimedroli 0,02  
Sacchari albi 0,3  
M. f. pulv.  
DS. По 1 порошку 2—3 раза в день в течение 1—2 дней

После устранения симптомов общей ранней реакции главные лечебные мероприятия направляются на борьбу с основными системными нарушениями, наступающими в первом периоде заболевания, на нормализацию функции пищеварительного тракта и кроветворной системы. При развитии нарушений со стороны желудочно-кишечного тракта большое значение имеет уход и диета.

Рекомендуется пить как можно больше фруктовых соков, богатых витаминами, минеральных вод, крепкого сладкого чая, кофе, употреблять жидкую или полужид-

кую пищу — молоко и молочные продукты, промолотое мясо, фрикадельки, паровые котлеты. Следует избегать перегрузки желудочно-кишечного тракта. Пищу надо принимать почаще и небольшими порциями.

В связи с тем, что назначаемая диета ограничивает поступление в организм питательных веществ, учитывая также нарушение переваривания и усвоения введенных пищевых продуктов, целесообразно назначение парентерального питания — внутривенное введение белковых препаратов, плазмы, сыворотки крови, а также видовойнеспецифической сыворотки.

Видовойнеспецифическая сыворотка, приготовленная из бычьей крови, является ценным белковым препаратом, по своим физико-химическим свойствам и биологическому действию близким к плазме человеческой крови. Вводится эта сыворотка внутривенно в дозе до 2 л за один прием. Положительным моментом является то, что эта сыворотка лишена анафилогенных, агглютиногенных и токсикогенных свойств, что устраняет возможность аллергических реакций, часто наблюдающихся при введении белков на фоне лучевой болезни.

Следует также заботиться о пополнении недостатка витаминов и вводить парентерально аскорбиновую кислоту, витамин В<sub>1</sub>, поливитаминные препараты.

Rp. Sol. Acidi ascorbinici 5% 1,0  
in amp.

DS. Внутривенно по 1—3 мл в  
день в течение недели

Rp. Vitamini В<sub>1</sub> 5% 1,0  
in amp.

DS. 1 раз в день

К концу первой недели допустимо некоторое расширение диеты.

Пища в этот период должна быть хорошо приготовленной, легко усвояемой, свежей, высококалорийной. В качестве мероприятия, способствующего восстановлению секреции желез желудка, а также влияющего на деятельность других желез пищеварительной системы, рекомендуется назначение соляной кислоты, пепсина, а также употребление натурального желудочного сока.

При развитии поносов, не связанных в начальных стадиях с инфекционными агентами, целесообразно применение препаратов опия, атропина, белладонны.

Rp. Sol. Atropini sulfurici 0,1% 1,0  
DS. По 1 ампуле подкожно в течение 1 недели заболевания или однократно при поздних нарушениях

Rp. Extr. Belladonnae sicci 0,01  
Sacchari albi 0,2  
M. f. pulv.  
DS. По 1 порошку 3 раза в день в течение 7—10 дней

Rp. T-ra Opii simplicis 30,0  
DS. По 5—10 капель 2—3 раза в день в течение 1 недели

Rp. Acidi hydrochlorici diluti 50,0  
DS. По 5—10 капель на полстакана до еды 3 раза в день в течение 1—2 недель

Rp. Succo gastrici naturalis 100,0  
DS. По 1 столовой ложке 3 раза в день до еды в течение 2—3 недель

В отношении кроветворных органов на первых этапах заболевания (первые 5—7 дней болезни) наилучшие результаты получаются при компенсаторных мероприятиях: введение лейкоцитарной и эритроцитарной взвеси, переливания крови, плазмы и т. д.

Количество перелитой крови за один раз не должно превышать 300—500 мл. Вливание повторяют через 3—5 дней. Стимуляция кроветворения в этом периоде противопоказана. С целью поддержания водно-солевого равновесия в организме переливание цельной крови в этих дозах можно сочетать с введением взвеси форменных элементов, физиологического раствора и растворов глюкозы.

Rp. Sol. Glucosae 40% 10,0  
in amp.  
DS. Внутривенно по 10 мл каждый день в течение 1—2 недель

Rp. Sol. Natrii chlorati 1% 100,0  
DS. По 5—10 мл внутривенно.  
Изотонический раствор (Рингер-Локка)

Rp. Natrii chlorati 8,5  
Kalii chlorati  
Calcii chlorati  
Natrii bicarbonici aa 0,2

В конце первой — в начале второй недели болезни количество переливаемой крови может быть увеличено. Сохраняя заместительное и алиментарное (питательное) значение, гемотрансфузия в этот период играет роль стимулятора кроветворения. В данном случае переливания крови должны сочетаться с другими воздействиями, стимулирующими кроветворение (введение взвеси костного мозга, влияние на обмен кроветворной системы, рефлекторное возбуждение кроветворения и др.).

В качестве стимуляторов лейкопоэза используют тезан (Т-25 и Т-7), синтезированный лабораторией ВНИХФИ, и пентоксил — оригинальный советский препарат.

Лечебное действие пентоксила выражается в появлении в крови зрелых гранулоцитов, увеличении общего количества лейкоцитов, которое может начаться через 2—3 дня от начала лечения, прекращении кровоизлияний, если таковые имелись, рано выявляющемся улучшении общего состояния.

Растворенный стерильным физиологическим раствором 1 : 10 или 1 : 20 тезан вводят внутримышечно по 1 мл от 2 до 4 раз в сутки с интервалами не менее 4—5 часов. После инъекции тезана больные ощущают кратковременное чувство жжения.

Курс инъекций тезана проводится не менее 10 дней под контролем исследования крови (количество лейкоцитов, формула). При повышении количества лейкоцитов до нормы инъекции можно прекратить раньше 10 дней.

На кроветворение в целом и особенно на эритроцитарную часть крови оказывают стимулирующее влияние такие промежуточные продукты обмена костного мозга, как органические препараты железа (компонент, необходимый для синтеза гемоглобина), соединения кобальта (входящего в состав витамина В<sub>12</sub>), фолиевая кислота, витамин В<sub>12</sub>.

Rp. Acidi folici 0,01  
Sacchari albi 0,3  
MDS По 1—2 порошка в день  
в течение 2 недель

Rp. Пентоксил 0,3  
DS По 1—2 порошка в день в  
течение 2 недель

Rp. Vitamini B<sub>12</sub> 0,000015  
in amp.  
DS. Раз в день в течение 2—3 дней

Rp. Ferrum reductum 2,0  
DS. По 1 порошку 2—3 раза в  
день в течение 5 дней

Rp. Ferrum lacticum 2,0  
DS. По 1 порошку 2—3 раза в  
день в течение 1—2 недель

Rp. Hematogeni  
in flac. s. in tabul.  
DS. По 1 столовой ложке 3 раза  
в день или по 2 таблетки 3 ра-  
за в день в течение 2 недель

Rp. Extr. hepatis fluidi 200,0  
DS. По 1 столовой ложке 3 раза  
в день в течение 1—2 недель

Rp. Campoloni (Hepaloni) 1,0  
in amp.  
DS. По 2 мл 1 раз в день в те-  
чение 10 дней

Rp. Pylorini (Gastrocrini) 100,0  
DS. Порошок для приема внутрь  
по 5,0—15,0 перед едой 2—3 ра-  
за в день в течение 1—2 не-  
дель

В конце второй и начале третьей недели заболевания, когда минуют наиболее тяжелые проявления со стороны желудочно-кишечного тракта и кроветворной системы, развивается геморрагическая фаза лучевой болезни, ведущим симптомом которой является нарушение капилляров и развитие множественных кровоизлияний, различных по объему. Эти кровоизлияния значительно осложняют течение патологического процесса, а иногда представляют собой непосредственную угрозу для жизни.

В этот период переливание крови есть одно из мероприятий, применяющихся для ликвидации геморрагических проявлений болезни. Это воздействие повышает свертываемость крови, увеличивая число пластинок, количество фибриногена плазмы. Оно может также играть заместительную роль при происходящих кровопотерях. Кроме того, показаны все средства, нормализующие структуру сосудистой стенки и свертываемость крови.

Для предупреждения развития массивных кровоизлияний наиболее эффективным является применение с конца первой недели и в течение 10—14 дней группы витаминных препаратов — производных флавоновой кислоты, влияющих на структуру и функцию сосудистой стенки, а также на свертываемость крови. Такими препаратами являются рутин, цитрин (витамин Р), близкий к ним токоферол (витамин Е). Целесообразно назначение витамина К, викасола и хлористого кальция. Применение салицилатов (аспирин и т. д.) в этот период противопоказано в связи с их свойством понижать свертываемость крови.

Rp. Citrini 0,025  
Sacchari albi 0,3  
DS. По 1 порошку 3—4 раза в  
день, начиная со 2-й недели

Rp. Vicasoli 0,015  
in tabul.  
DS. 3 раза в день в течение  
1—2 недель

Rp. Sol. Calcii chlorati 10% 10,0  
DS. По 5—10 мл внутривенно  
однократно при кровотечениях

Rp. Rutini 0,02  
Sacchari albi 0,3  
M. f. pulv.  
DS. По 1 порошку 3 раза в день  
в течение 1—2 недель

Острое кровотечение требует срочного вмешательства. Необходимо принять меры к остановке кровотечения: покой, холод на область кровотечения, давящая повязка, жгут, внутривенное введение хлористого кальция, витамина К. Иногда проводится хирургическое вмешательство и перевязка сосудов, а также борьба с анемическим состоянием и предотвращение развития шока, переливание крови, плазмы, физиологического раствора.

Для того чтобы избежать инфекции, применяют антибиотики. Действие сульфаниламидов значительно менее эффективно. Кроме того, их применение нежелательно из-за большой токсичности и специфического угнетающего воздействия на кроветворную систему.

Желательно применение длительно действующих (дюрантных) форм антибиотиков для сокращения числа инъ-



екций, которые, вызывая дополнительное раздражение, могут провоцировать кровоизлияние и т. п. В настоящее время предложены дюрантные формы пенициллина на масляно-восковой, ланолиновой основе или в комбинации с новокаином и экмолином. Одним из наиболее распространенных дюрантных препаратов пенициллина является новоциллин.

Rp. Penicillini 200 000 ED  
in amp.

DS. Профилактически 1 раз в сутки внутримышечно, начиная с 6—8-го дня болезни в течение 7—10 дней

Rp. Penicillini 200 000 ED

Sol. Pyramidoni 1% 2,0

MDS. Внутримышечно 1 раз в день для профилактики инфекции, начиная со 2-й недели болезни, в течение 7—10 дней

Rp. Novocilini 1,0 (300 000 ED)

DS. По 1 мл внутримышечно 1 раз в сутки

Rp. Ecmovocilini 3,0 (3 000 000 ED)

DS. По 1 мл 1 раз в сутки

Rp. Streptomycini 500 000

DS. По 250 000 единиц в дистиллированной воде 3—4 мл внутримышечно, не более 2 недель

Rp. Biomycini 0,1 (150 000 ED)

in tabul.

DS. По 1 таблетке 6 раз в сутки при развитии инфекции в течение 3—5 дней

Rp. Syntomycini 0,5

in obl.

DS. По 1 облатке через 4 часа в течение 2—3 дней

Rp. Levomycetini 0,5

in caps.

DS. По 1 капсуле 4 раза в день в течение 2—3 дней

Постепенно, с восстановлением функции пищеварения, следует увеличивать количество даваемой больному пищи. Следует особо подчеркнуть необходимость высококалорийной белковой пищи на более поздних этапах

лучевой болезни в связи с потребностью в белке и пуikliновых кислотах при восстановлении нормального кроветворения, структур кожи и других нарушенных ткaневых процессов.

Поздние нарушения моторики (на 3—4-й неделе болезни) могут приводить к спастическим состояниям, явлениям инвагинации кишечника и непроходимости. В этом случае могут быть назначены инъекции атропина, околопочечная новокаиновая блокада по Вишневскому. В угрожающих случаях необходимо хирургическое вмешательство (резекция некротических участков кишечника).

Одним из осложнений лучевой болезни является возникновение язв в желудке и двенадцатиперстной кишке. Развитие этих осложнений требует специальной диеты, назначения магнeзии, атропина; иногда необходимо хирургическое вмешательство.

На поздних этапах заболевания присоединяются патологические процессы со стороны кожи (атрофия, выпадение волос, облысение) и нарушения функции половых желез. Что касается воспалительных процессов в коже (эритема, лучевой ожог и т. п.), то они обычно легко поддаются противоожоговой терапии.

В целях восстановления трофики кожи применяются жировые мази с включением витаминов и экстракта алоэ, стимулирующих рост эпителия кожи.

Восстановление функции половых желез ускоряется применением специфических гормональных препаратов гонадотропного гормона гипофиза (пролан), синэстрола, диэтилстильбэстрола, тестостерона, пропионата и метилтестостерона. Показано также применение витамина Е.

Назначать половые гормоны следует на 3—4-й неделе заболевания, т. е. после того, как затихнут основные проявления его. В противном случае введение половых гормонов может неблагоприятно отразиться на общем состоянии больного.

Следует избегать передозировки гормональных препаратов, так как большие дозы их углубляют заторможенное состояние половой функции и задерживают сроки ее восстановления.

Из общеукрепляющих средств, влияющих на центральную нервную систему, при лучевой болезни наиболее показан витамин В<sub>1</sub> (тиамин). Большое значение придается физическому и психическому покою.

Попытки вмешательства в гормональные звенья нарушенной нейро-эндокринной регуляции до сих пор не дали значительных результатов. В клинике нашло применение лишь повторное введение одного из гормонов коркового слоя надпочечников — дезоксикортикостерона — в течение первых двух недель болезни.

По данным большинства исследователей, дезоксикортикостерон-ацетат способен несколько облегчать состояние больного и ускорять восстановление нарушенных систем.

Попытки применения других гормонов (адренокортикотропный гормон, экстракты гипофиза и др.) при лучевой болезни остались безуспешными.

#### **УХОД ЗА БОЛЬНЫМИ ЛУЧЕВОЙ БОЛЕЗНЬЮ**

При атомном взрыве воздействие ионизирующих излучений ( $\gamma$ -лучей и нейтронов) сочетается с поражающим воздействием взрывной волны и термического теплового излучения.

Воздействие взрывной волны обуславливает развитие обычных травматических поражений, контузий, ран, кровотечений, шоковых состояний. Воздействие термического излучения вызывает ожоги открытых участков кожи и вторичные ожоги в результате воспламенения одежды, окружающих предметов и т. п. Массивные ожоги также влекут за собой развитие шокового состояния.

При комбинированных поражениях — термических, механических и лучевых — на первых этапах явления лучевой болезни развиваются слабо и в картине заболевания преобладают сопутствующие травматические или ожоговые процессы, которые сами по себе могут представлять угрозу для жизни. В связи с этим мероприятия по оказанию первой помощи рассчитаны на борьбу с обычными травматическими и ожоговыми поражениями и их последствиями.

В первую очередь необходима предварительная и окончательная остановка кровотечения, иммобилизация поврежденной конечности, борьба с ожоговым и травматическим шоком, борьба с кровопотерей и сосудистым коллапсом, необходимо введение противостолбнячной сыворотки, наложение повязки на обожженные поверхности, переливание крови и кровозамещающих жидкостей,

проведение хирургической обработки раны и т. п. Эти лечебные воздействия связаны с жизненно важными показаниями и проводятся до каких-либо мероприятий по борьбе с радиационными поражениями.

Первым этапом оказания помощи в отношении лучевого поражения является вынос пострадавшего из области продолжающегося воздействия.

Удаление больных с зараженных участков должно производиться медицинским персоналом, снабженным защитными костюмами и противогазами. О мерах защиты медицинских работников было сказано раньше. Вынесенного из зоны заражения пострадавшего подвергают санитарной обработке и дезактивации (см. выше).

Хирургическая обработка раны, предотвращая развитие инфекции, обеспечивает удаление радиоактивного заражения. Было отмечено, что путем иссечения ран в первые часы после ранения можно удалить до 70% радиоактивных загрязнений.

Необходимо также проведение радиологического контроля за состоянием одежды. Загрязненную одежду тщательно вытряхивают, промывают в проточной воде, а при наличии стойкой зараженности уничтожают.

Проводится наблюдение за выделениями больных (моча, кал, выдыхаемый воздух), а также исследуются пробы крови, благодаря чему определяют наличие радиоактивности, занесенной внутрь организма. Больных с высокой радиоактивностью следует содержать отдельно от остальных и подвергать систематическому радиологическому контролю.

В период развития начальных явлений для больного необходимо создать спокойную обстановку, назначить ему седативные средства (люминал, веронал) или небольшие дозы брома с кофеином, уложить в постель, оказать помощь при наступлении рвоты. Создание рационального режима, обеспечение тщательного ухода и внимательное наблюдение за состоянием больного значительно способствуют эффективности лечения.

Одним из существенных мероприятий по уходу за больными лучевой болезнью на всем протяжении заболевания является предоставление полного покоя, тщательное соблюдение постельного режима. Опыт второй мировой войны показал, что дополнительные раздражения (например, транспортировка) или значительная физи-

ческая нагрузка на фоне лучевой болезни значительно усиливали тяжесть патологического процесса.

В обеспечении необходимых условий важную роль играет поддержание температуры на определенном уровне — в пределах 18—22° (так называемая зона комфорта). Следует избегать переохлаждения больных при транспортировке в зимнее время, так как экспериментальные данные показали, что низкая внешняя температура неблагоприятно влияет на течение лучевой болезни у животных и значительно увеличивает их смертность. Больные в этом случае должны быть тепло одеты, хорошо укрыты; им следует давать горячие напитки и т. п.

Недостаточно выяснено влияние колебаний атмосферного давления на течение лучевой болезни. Большая часть экспериментов на животных указывает на неблагоприятное влияние сниженного атмосферного давления. Это обстоятельство может иметь особое значение при транспортировке больного на самолетах.

Как при приготовлении пищи, так и при доставлении ее больному необходимо соблюдать максимальную чистоту. Гигиенические мероприятия в отношении продуктов питания и посуды могут в значительной степени снизить частоту инфекционных осложнений при этом заболевании.

Больной лучевой болезнью, особенно в первой стадии заболевания, нуждается в том, чтобы ему вводили дополнительные количества жидкости. С этой целью применяют подкожные вливания (с помощью аппарата Боброва) физиологического раствора глюкозы до 1 л или внутривенное введение глюкозы, солевых растворов и плазмы, которые осуществляются капельным способом с применением капельницы, вставляемой в среднюю часть резиновой трубки.

Раствор, нагретый до 40°, должен поступать со скоростью 40—60 капель в минуту. При внутривенном вливании надо обращать особое внимание на устранение воздуха из системы и предотвращение попадания его в вену.

Подкожные и внутривенные вливания при лучевой болезни должны проводиться со строгим соблюдением правил асептики и антисептики.

При отсутствии поноса можно применять питательные клизмы. За час до введения питательной смеси кишечника

очищают обычной клизмой. Для уменьшения раздражения прямой кишки смесь нагревают до температуры тела (37°) и добавляют к ней растворенный крахмал (50 г на 250 мл воды) или 5—10 капель настойки опия на тот же объем жидкости. Смесь вводят через прокипяченный зонд и воронку.

Для больных, у которых вследствие дисфункции пищеварительной системы отмечается тошнота и рвота, необходим особо тщательный уход и наблюдение. Больного во время рвоты лучше всего посадить; надо поставить ему таз или лоток для рвотных масс. Более слабым больным, которые не могут сесть, надо повернуть голову в левую сторону. Необходимо следить за тем, чтобы рвотные массы не затекали в дыхательные пути. После прекращения рвоты больному следует дать полоскание (слабый раствор борной кислоты), а если он сам не сможет прополоскать рот, то протереть полость рта ватой, смоченной слабым дезинфицирующим раствором, или промыть рот из баллона.

При кровавой рвоте больному следует давать для глотания маленькие кусочки чистого льда.

Переливание крови, которое является одним из ценных лечебных мероприятий при лучевой болезни, проводимым по разным показаниям, должно осуществляться с тщательным соблюдением необходимых правил. Особое значение имеет внимательное определение совместимости переливаемой крови. На определенных этапах заболевания в связи с обменными нарушениями и гормональными сдвигами в организме могут наблюдаться изменения в составе сыворотки, приводящие к агглютинации переливаемой крови (склеивание эритроцитов) и проявлению различных осложнений вплоть до развития шока. Помимо общего определения группы крови больного при помощи стандартного набора сывороток и дополнительного определения группы переливаемой крови, необходимо ставить пробы по совместимости данной крови с сывороткой пациента или при затруднении с получением сыворотки больного ставить хлороформную пробу Клеманса. Для этого на предметное стекло или тарелку наносят большую каплю крови больного и добавляют 1—2 капли хлороформа, вызывающего образование гемолизированной сыворотки и после испарения хлороформа добавляют кровь, испытываемую на совместимость.

Обязательным является проведение биологической пробы, т. е. переливание пробной порции крови в 10 мл, затем через 5 минут — дополнительно 20—30 мл. Лишь после этого допустимо переливание основной массы крови.

Извращенная реакция больного на переливание крови своей группы может быть, по данным ряда исследователей, устранена применением внутривенных вливаний небольших количеств новокаина или антигистаминных препаратов (димедрол и др.).

При развитии гемотрансфузионного шока необходимы кровопускания, введение кровозамещающих и противошоковых жидкостей и больших количеств глюкозы (1—2 л 5% раствора), назначение капельных клизм, введение камфоры.

Особая осторожность в отношении инфекционных осложнений должна соблюдаться на 2—3-й неделе заболевания. В этот период должно быть сокращено количество подкожных и внутривенных инъекций.

Мероприятия по уходу за больными должны сочетаться с тщательным наблюдением за его состоянием. Своевременно сообщенные врачу сведения о состоянии больного могут иметь очень важное значение: в зависимости от изменения хода заболевания врач назначит новые средства.

Большую роль играет контроль за температурой тела больного. При неосложненном течении заболевания необходимо ежедневное двукратное (утром и вечером) измерение температуры. Обычно при лучевой болезни наблюдается тенденция к понижению температуры. Внезапное повышение температуры, особенно на 2—3-й неделе заболевания, может явиться первым признаком присоединившейся инфекции.

Наблюдение за стулом больного позволяет в известной степени оценивать состояние желудочно-кишечного тракта. Понос в первые дни заболевания является неблагоприятным прогностическим признаком, свидетельствующим о тяжелой форме заболевания. Развитие поноса на 2—3-й неделе заболевания может указывать на присоединение инфекционных осложнений, поражающих пищеварительную систему.

Медицинский персонал должен внимательно следить за пульсом, дыханием, кровяным давлением. В случае

упадка сердечной деятельности или функции дыхательного центра необходимо срочное введение сердечных средств (кофеин, камфора, кордиамин) и стимуляторов дыхания (цититон, лобелин), назначение кислорода, согревание больного и т. п.

В период развития кровоизлияний необходимо предупреждать возможные толчки, ушибы, резкие движения больного.

При возникновении кровотечений производится введение 10% раствора хлористого кальция, переливание малых количеств крови (50—70 мл), наложение льда на область кровотечения. Иногда приходится прибегать к хирургическому вмешательству — перевязке сосудов и т. п.

На 2—3-й неделе болезни может наблюдаться развитие язвенных процессов в кишечнике, а также поздних нарушений в моторике, которые иногда приводят к непроходимости (инвагинаций) и перитониту.

При появлении резких болей в животе, подъеме температуры, возникновении повторной рвоты и поносов следует сейчас же обратиться к врачу. Своевременное хирургическое вмешательство может спасти жизнь больного.

Кожные поражения часто сопутствуют лучевой болезни. Больных с развившимися кожными повреждениями не следует купать; в этих случаях прибегают к обтиранию или обмыванию отдельных неповрежденных участков кожи.

При сухости кожи ее смягчают различными жирами; для этой цели следует пользоваться кремами и пастами, выпускаемыми нашей промышленностью. Во избежание развития пролежней под область крестца подкладывают резиновый круг.

Необходимо иметь в виду, что при лучевых воздействиях кожные покровы становятся очень чувствительными к теплу и холоду. Учитывая это обстоятельство, следует соблюдать осторожность в назначении таким больным грелки или пузыря со льдом.

Необходимо тщательно следить за чистотой слизистых оболочек и особенно внимательно — за полостью рта. В разгар лучевой болезни в тяжелой стадии на слизистой полости рта нередко развиваются воспалительные процессы и язвы, наличие которых требует к себе сугубо внимательного отношения.



В тех случаях, когда состояние больных не тяжелое, они должны два раза в день чистить зубы щеткой и после еды полоскать рот. Для полоскания целесообразно применять слабые дезинфицирующие растворы (борная кислота, 2% раствор перекиси водорода, раствор марганцовокислого калия 1:5000) или антибиотики (пенициллин 200 000 единиц на 100 мл раствора). Если больной не в состоянии проводить необходимые мероприятия, то их выполняет медицинская сестра.

В период выздоровления следует обращать внимание на температуру больного и на состояние периферической крови, учитывая возможность инфекционных осложнений или заболевания кроветворной системы. Следует также контролировать состояние кровяного давления для распознавания возможных осложнений со стороны сосудистой системы.

\* \*  
\*

Поэтапное оказание помощи и выполнение мероприятий по уходу и лечению при острой лучевой болезни будут иметь еще большее значение в военных условиях в случае применения атомного оружия, когда может возникнуть необходимость в массовых медицинских мероприятиях. Продуманная организация помощи пораженным лучистой энергией на различных этапах эвакуации позволит своевременно обеспечить уходом и лечебными средствами большое число больных.

В настоящее время в большинстве руководств рекомендуется распределение медицинской помощи при атомном взрыве на пять этапов.

1. В обязанность спасательных групп (носилочное звено), в которые входят санитары, обеспеченные носилками, входит вынос раненых из зараженной зоны и доставка их на пункт первой помощи.

2. На пункте первой помощи несколько врачей, фельдшеров, сестер и санитаров ведут борьбу с шоком, останавливают кровотечения, выполняют первичную обработку ран, ожогов, профилактику травматической инфекции, устраняют начальные проявления лучевой болезни (ранней реакции).

3. Во вспомогательном (временном) эвакуационном госпитале, имеющем большой обслуживающий персонал,

оказывается квалифицированная врачебная помощь и производится сортировка больных.

4. В стационарных больницах осуществляется основное лечение травматических, ожоговых и лучевых поражений. Наиболее тяжелые больные проходят лечение в стационарных больницах.

5. В тыловые госпитали эвакуируют легко раненых и выздоравливающих и проводят такое же лечение, как в стационарах и больницах.

---

## **ХРОНИЧЕСКИЕ ЛУЧЕВЫЕ ПОРАЖЕНИЯ**

Хронические лучевые поражения могут развиваться при занесении радиоактивных веществ внутрь организма и при длительном внешнем воздействии на организм источников проникающего излучения в дозах, превышающих предельно допустимые. Такие условия могут возникнуть, если пренебрегать необходимыми мерами защиты от лучей радиации.

Хронические патологические процессы могут быть в некоторых случаях следствием или осложнением острых лучевых поражений.

Малая интенсивность радиации, распределение дозы на большом отрезке времени, перерывы между отдельными облучениями позволяют проявиться защитным и компенсаторным реакциям организма, дают возможность приспособиться к действию вредного фактора без развития заболевания. Поэтому в развитии хронических патологических процессов значительно более важную роль, чем при острых поражениях, играют дополнительные факторы внешней среды (производственные и бытовые условия, неспецифическая травматизация) и индивидуальные свойства организма.

Хронические лучевые поражения могут проявиться в возникновении хронических локальных процессов и хронической лучевой болезни.

## **ХРОНИЧЕСКАЯ ЛУЧЕВАЯ БОЛЕЗНЬ**

Дозы ионизирующего излучения, которые могут приводить к возникновению хронической лучевой болезни, колеблются в широких пределах. Как показывают данные клинических наблюдений за людьми и экспериментов на животных, этот патологический процесс может возникать при общей дозе за несколько месяцев

300—400 г. Наряду с этим в определенных условиях общая доза может быть доведена до 1000—2000 г без каких-либо последствий для организма.

Многообразие клинических проявлений хронической лучевой болезни затрудняет постановку диагноза и определение степени тяжести патологического процесса.

По выраженности клинической картины различают три степени (стадии) хронической лучевой болезни.

В I стадии заболевания (хроническая лучевая болезнь I степени) происходит нестойкое, лабильное нарушение регуляторных механизмов, в большей степени «расшатанность» тех или иных систем, чем стойкое нарушение. Может наблюдаться смена повышения и понижения функции кроветворения, в сосудодвигательных центрах отмечается колебание кровяного давления и возвращение его к норме, повторяются изменения темпа роста и смены эпителия кожи, чередуются периоды усиленной и угнетенной секреции желудка и т. д. Могут наблюдаться и расстройства функции вегетативной нервной системы (вегетативная дистония), а также нарушения высшей нервной деятельности — невротические состояния.

Клинически для первой стадии заболевания типично сравнительно небольшое число жалоб больного (общее недомогание, ухудшение аппетита, утомляемость, раздражительность, нарушение сна). Объективно могут наблюдаться нарушения высшей нервной деятельности (неврозы). Характерным признаком является постоянная головная боль типа мигрени. Наряду с этим отмечаются вегетативные расстройства, которые выражаются в повышенной потливости, дрожании рук, повышении сухожильных рефлексов, неприятных ощущениях в области сердца, приливах крови, чувстве жара, покраснении или бледности лица, в различных болях в костях и мышцах, колебаниях кровяного давления и т. д.

При объективном исследовании необходимо обратить внимание на состояние кожных покровов и функцию половых желез (развитие хронических воспалительных и дистрофических процессов в коже, дисфункция половых желез и подавление их деятельности). В картине периферической крови в начальной стадии нет резких изменений — незначительное увеличение количества ретикулоцитов, небольшой лейкоцитоз и лимфоцитоз, частые

колебания уровня клеток крови, кратковременные лейкопении, сменяющиеся лейкоцитозом.

Заболевание в I стадии легко обратимо, и при удалении больного из сферы воздействия радиации или вскоре после назначения лечебных мероприятий происходит полная нормализация и восстановление нарушенных систем.

Следует отметить, что, несмотря на наличие хронического облучения, организм может приспособиться к новым условиям. Однако если лучевое воздействие продолжается, то приспособительные (компенсаторные) реакции организма истощаются и происходит срыв достигнутого ранее приспособления и заболевание переходит во II стадию.

Во II стадии заболевание характеризуется более стойким нарушением функций различных систем. В этот период отмечается угнетение кроветворения (ретикулопения и анемия, выраженная тромбопения и нарушение свертываемости крови, лейкопения и лимфопения), подавление деятельности пищеварительных желез, сосудистые нарушения (гипертония) приобретают устойчивый характер, наблюдаются более резкие нарушения функции половых желез, дистрофические процессы в коже, срывы высшей нервной деятельности. Больные постоянно жалуются на общую слабость, головокружение, головную боль. Отмечается одышка, иногда сердцебиение. Аппетит еще более ухудшается, понижается кислотность, появляется тошнота, боли в брюшной полости, могут наблюдаться поносы. Нарушение питания сочетается с похуданием больного. Вследствие повышения проницаемости капилляров и изменения состава крови у больных без видимой причины возникают кровотечения и подкожные кровоизлияния.

В данной фазе заболевания под влиянием хронического воздействия радиации изменяется чувствительность организма к факторам внешней среды, что проявляется в различных не свойственных для него реакциях (аллергическое состояние): легко присоединяются вторичные инфекционные процессы, сопутствующие заболевания приобретают неблагоприятное течение (активация туберкулезного процесса, язвенной болезни, усиление гипертонической болезни), возникают кожные аллергические воспалительные реакции (экземы), развивается аллергическое воспаление век (конъюнктивит) и т. п.

В III стадии лучевой болезни все эти расстройства достигают наиболее тяжелой степени. Нарастают явления геморрагического синдрома (кровоточивость, кровоизлияния, кровотечения), развиваются поражения кроветворных органов, число лейкоцитов еще больше уменьшается, появляются их патологические формы, значительно уменьшается количество гемоглобина и эритроцитов, усиливаются дистрофические процессы в таких тканях и органах, как печень, мышца сердца, почки и др. Эндокринная система претерпевает значительные изменения, и в первую очередь этим изменениям подвергаются половые железы. В отдельных случаях, спустя много времени после длительного облучения в малых дозах, наблюдаются заболевания кроветворных органов (лейкозы, апластическая анемия, злокачественная анемия и др.).

В этот период значительную опасность для больного представляет присоединение инфекции. В связи с последней возможно повышение температуры тела, ослабление сердечной деятельности, резкое падение тонуса сосудов, повышение их проницаемости, проникновение инфекционного начала в кровь и развитие сепсиса.

Смерть обычно наступает вследствие резкого нарушения кроветворения и наличия септического состояния.

#### **Локальные хронические патологические процессы**

При повторном воздействии малых доз ионизирующих излучений ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -лучей или рентгеновых лучей) на кожные покровы в них могут развиваться хронические воспалительные и дистрофические процессы.

Хроническое воспалительное состояние кожных покровов — лучевой дерматит — наблюдается у лиц, длительно соприкасающихся с источниками радиации и не обращающих достаточно внимания на необходимость защиты кожных покровов. Воспалительные (сосудистые) изменения сочетаются обычно с дистрофическими процессами (рис. 21). Чаще всего наблюдаются изменения кожи на ногтевых фалангах пальцев рук: она становится сухой, грубой, неэластичной и хрупкой, появляются трещины. Цвет кожи также меняется, на пораженных участках появляется общая или очаговая эритема.

Своеобразным патологическим состоянием, связанным с лучевым дерматитом, является хронический индуративный отек кожи, который наблюдается как после облучения меньшими дозами. Развивается он постепенно, спустя несколько месяцев после лучевого воздействия. Кожа на месте облучения становится более плотной, при дав-



Рис. 21. Атрофия кожи на пальцах рук после длительного воздействия радия.

лении определяется отечность тканей, которая захватывает не только кожу, но и подкожножировой слой.

Изменения при индуративном отеке связаны с нарушением оттока лимфы из пораженной области, что в свою очередь объясняется утолщением стенок и запускованием лимфатических сосудов. Кожа на месте индуративного отека часто бывает пигментирована и покрыта телеангиэктазиями.

При профессиональном лучевом дерматите, кроме кожи, страдают и ногти — они теряют блеск, искривляются, делаются неровными, более ломкими, на поверхности их появляются трещины.

Воспалительные процессы в коже сочетаются с расстройством кожной трофики — нарушается рост и смена кожного эпителия.

Наряду с атрофическими процессами, истончением кожи, развиваются гипертрофические процессы — появляются бородавки, гиперкератоз, количество трещин на коже увеличивается, они причиняют сильную боль; в далеко зашедших случаях образуются незаживающие, крайне болезненные язвы, на месте которых в дальнейшем может развиваться рак.

Злокачественные новообразования кожных покровов лучевого происхождения встречались, как правило, на коже рук. При изучении профессионального рака у лиц, работающих с источниками проникающего излучения, были выявлены четыре этапа в развитии новообразований: воспалительные изменения, склеродермия, гиперплазия, рак. Возникновение лучевого рака наблюдается в среднем через 9—10 лет после начала лучевого воздействия и зачастую через несколько лет после окончания действия радиации.

Типичным хроническим патологическим процессом, развивающимся при длительном соприкосновении с внешним проникающим излучением, является нарушение функции половых желез и в мужском, и в женском организме.

У женщин при контакте с ионизирующей радиацией довольно скоро происходят нарушения менструальной функции. Некоторые исследователи отмечают, что сдвиги в менструальном цикле наступают раньше, чем появляются изменения в периферической крови. Эти сдвиги выражаются в том, что количество теряемой при менструации крови уменьшается, время менструального кровотечения укорачивается, причем задержки сменяются более частыми менструациями. Отмечаются также перерывы во время самого менструального кровотечения, достигающие в отдельных случаях до 6 дней. При менструации часто наблюдаются боли, главным образом в крестце и реже — внизу живота. Наряду с изменениями менструальной функции, нарушается течение беременности, происходят самопроизвольные аборт. У мужчин отмечается некроспермия (выработка нежизнеспособной спермы), развиваются атрофические изменения в семенниках, происходит компенсаторное (заместительное) разрастание предстательной железы и т. д.

В легких случаях лучевого поражения функция половых желез восстанавливается за период отпуска или при



прекращении работы с радиоактивными веществами. При более тяжелых поражениях необходима специальная гормональная терапия по назначению врача.

Некоторые хронические патологические состояния являются результатом острого лучевого воздействия, осложнением острой лучевой болезни или острого локального процесса. Таким осложнением острых радиационных поражений может быть хронический патологический процесс в костной системе. Экспериментальные исследования показали, что после лучевой болезни у части животных начинаются осложнения — остеодистрофические процессы. При клинических наблюдениях выявлены случаи поражения костей после облучения большими дозами радиоактивных веществ области позвоночного столба или костей конечностей.

Особенно значительное влияние радиация оказывает на костную систему молодого, растущего организма, у которого происходит активный процесс остеогенеза (роста костей). В этих условиях облучение сопровождается задержкой роста костей в облученном участке, развитием неправильностей и уродств, нарушением превращения хряща в кость.

Кроме того, установлено, что при длительном воздействии малых доз радиации из внешних источников или, что особенно типично, при скоплении радиоактивных веществ в костной ткани также могут наблюдаться остеодистрофические процессы (рис. 22).

В тех случаях, когда во взрослом организме происходят активные процессы образования костей (например, восстановление структуры кости после перелома), лучевые воздействия могут их значительно извратить. Это следует особенно учитывать в военной обстановке при сочетании травматических переломов костей с локальным или общим лучевым воздействием, которое может значительно замедлять восстановление костной ткани и затягивать заживление переломов, превращать этот процесс в длительное хроническое заболевание.

Хронические патологические процессы в глазу после воздействия ионизирующих излучений могут быть следствием как однократного массивного облучения, так и результатом длительного лучевого воздействия малыми дозами, но всегда протекают как длительное хроническое заболевание.

Сравнительно частым патологическим процессом, развивающимся в глазу после воздействия радиации, является поражение хрусталика. В экспериментах на животных установлено, что нейтронная радиация при общем облучении, сопровождающемся лучевой болезнью, или при локальном воздействии на глаз часто приводит к развитию катаракт. Весьма часто наблюдались катаракты у животных, подвергавшихся хроническому облучению нейтронами. Катаракта развивается не сразу после лучевого воздействия на глаз, а через некоторое время. Этот скрытый период в зависимости от дозы лучей колеблется от нескольких месяцев до нескольких лет. Катаракты глаза при воздействии излучения образуются в результате первичных процессов уменьшения дисперсности коллоидов и повышения их адсорбции (набухание коллоидов). В дальнейшем набухание и вакуолизация коллоида с последующим развитием интерстициальной ткани и приводит к образованию катаракты.

Для выявления лучевого повреждения хрусталика на ранних стадиях необходимо производить исследование глаза щелевой лампой с корнеальным микроскопом.

Из других офтальмологических осложнений при лучевых воздействиях надо указать на развитие воспалительных и дистрофических процессов кожи век, на развитие конъюнктивитов, нарушение функции слезных желез и развитие изъязвлений роговицы.

Хронические лучевые поражения, вызываемые занесением радиоактивных веществ внутрь организма, имеют некоторые особенности, которые зависят от своеобразия путей проникновения радиоактивных элементов, распределения их по органам и тканям, длительности пребывания в организме, периода полураспада, путей выведения, от дозы и качества излучения. Эти поражения имеют место при несоблюдении правил охраны труда. Наиболее распространенными путями проникновения радиоактивных веществ являются желудочно-кишечный тракт и дыхательная система. В соответствии с этим могут наблюдаться поражения ротовой полости (стоматит, гингивит, радиоактивный остит челюстей), легких (хроническая пневмония, рак легкого).

В зависимости от путей распространения различают: 1) группу соединений, распределяющихся в организме равномерно (радиоактивный натрий, радиоактивный це-

зий, радиоактивный рутений); 2) вещества, накапливающиеся избирательно в ретикуло-эндотелии (радиозолото, радиоактивное железо; 3) вещества, которые откладываются преимущественно в костной системе (радий, торий, мезоторий, радиоактивный стронций, радиоактивный кальций и др.). Наибольшую опасность представляют

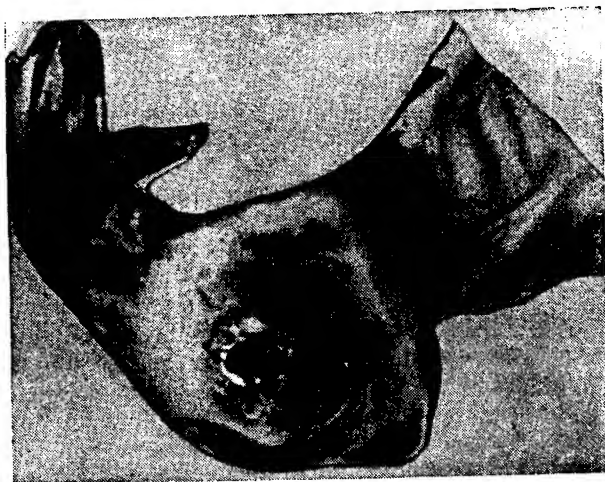


Рис. 22. Костная опухоль, развившаяся у обезьяны через 8 лет 5 месяцев после введения трубочки с радиоактивным веществом в кость.

вещества, длительно задерживающиеся в организме, главным образом фиксирующиеся в костной системе. радий, торий, полоний, плутоний, радиоактивный стронций, радиоактивный кобальт. Все эти соединения на начальных этапах циркуляции в организме способны вызвать развитие общего заболевания, а впоследствии, избирательно фиксируясь в тканях, приводят к развитию локальных процессов. Особенно тяжело протекают вызванные длительным хроническим облучением патологические процессы в костной системе (радиационные остеиты), которые при неблагоприятном течении приводят к некрозам кости и к последующим самопроизвольным (спонтанным) переломам. В некоторых случаях наблюдается развитие опухолей (остеосарком).

Радиоактивные вещества вызывают также поражения органов на путях своего выделения из организма. Элементы, выделяющиеся через почки, обуславливают развитие нефрозо-нефритов (например, урановые нефриты); вещества, выделяющиеся через толстый кишечник, вызывают его воспалительно-язвенное поражение (язвенные колиты от полония, от радиоактивного кобальта).

#### **Диагностика, профилактика и лечение хронических лучевых поражений**

Для правильной постановки диагноза хронических лучевых заболеваний важное значение имеет установление наличия лучевого воздействия. В этом отношении определенные данные могут быть получены путем расспроса больного об условиях жизни, работы, длительности соприкосновения с радиоактивными источниками и др.

С помощью физических дозиметрических приборов удастся обстоятельно проверить наличие внешней проникающей радиации и получить представление о ее дозе.

При занесении радиоактивных веществ внутрь организма важное значение имеет определение количества радиоактивности. Оно может производиться путем учета общей  $\gamma$ -активности тела (при поднесении счетчика-щупа и др.), активности выдыхаемого воздуха, проб крови, мочи и кала.

Определения могут быть произведены при помощи счетной установки Б и соответствующих трубок. Для этих исследований необходимо применять счетчики с очень тонкой стенкой, позволяющие выявить вещества, испускающие  $\alpha$ -лучи и мягкие  $\beta$ -частицы.

Имеется еще один метод обнаружения в органах и тканях радиоактивных веществ, который носит название ауторадиографии. Для того чтобы сделать ауторадиограмму, кусочки ткани, взятые при жизни во время операции (биопсия), или отдельные ткани и органы, взятые посмертно, прикладывают к фотопленке; при этом те участки, где фиксировалось радиоактивное вещество, чернеют. По степени почернения можно судить о накоплении радиоактивного вещества в исследованных тканях и органах.

Наибольшее значение метод ауторадиографии имеет при посмертном определении радиоактивности тканей (рис. 23).

При медицинском обследовании по поводу хронической лучевой болезни могут быть предъявлены жалобы на утомляемость, раздражительность, нарушения сна.

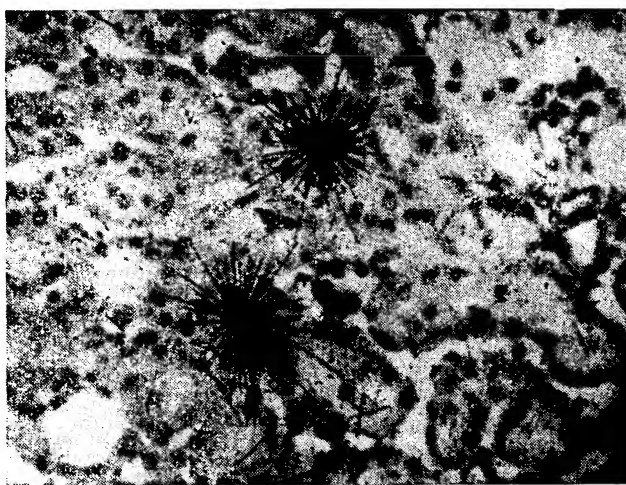


Рис. 23. Ауторадиограмма почки кролика (метод жидкой эмульсии). На 2-е сутки после введения радия видны следы  $\alpha$ -частиц.

Объективно иногда отмечаются нарушения высшей нервной деятельности — невротические состояния, вегетативные расстройства. Периферические нервные стволы могут быть болезненными, появляются боли в мышцах и костях, наблюдаются отклонения в периферической чувствительности. Невропатологические и психоневрологические нарушения бывают уже на ранних этапах заболевания. Изменения картины крови зависят от степени, тяжести и этапа развития процесса. Чаще всего отмечается лейкопения с различным уровнем лимфоцитов (лимфопения или лимфоцитоз), уменьшение пластинок — тромбоцитопения, анемия с неправильными формами эритроцитов (анизоцитоз, пойкилоцитоз). Количество гемоглобина

может быть несколько повышено, что ведет на фоне уменьшения эритроцитов к увеличению цветного показателя. Необходимо изучить картину крови исследуемого в динамике. Для поздних этапов заболевания характерны нарушения пищеварительной системы: понижение кислотности, исчезновение аппетита, поносы. Нарушение питания сопровождается похуданием больного и потерей веса. Отмечается склонность к кровоточивости вследствие изменения капилляров и состава крови.

Необходимо обращать внимание на состояние кожных покровов, на функцию половых желез. Следует проводить всестороннее и тщательное исследование различных систем организма (рентгеноскопия легких и костной системы, гематологическое изучение костного мозга и пр.), помня о многообразии симптомов хронической лучевой болезни и отдельных хронических патологических процессов.

Для предупреждения лучевых поражений работать с радиоактивными веществами необходимо в помещениях с хорошей вентиляцией. При больших количествах радиоактивных веществ необходима механизация производственных процессов и управление ими на расстоянии. Следует систематически измерять количество излучения в помещении, исследовать воздух на содержание радиоактивных газов и пыли, периодически определять радиоактивность тела работающих с радиоактивными веществами.

Все лица, работающие с радиоактивными веществами, должны проходить обязательные повторные медицинские осмотры через каждые 3—6 месяцев.

Необходимо принимать меры против загрязнения одежды, обуви и кожных покровов радиоактивными веществами. В случае загрязнения нужно снять обувь и одежду и вымыться под душем с мылом. Для предупреждения занесения радиоактивных веществ в дыхательные пути применяются респираторы или противогазы.

Для того чтобы предупредить занесение радиоактивных веществ через пищеварительный тракт, важно соблюдать правила личной гигиены: часто менять спецодежду, работать в резиновых перчатках, часто мыть руки теплой водой с мылом, не принимать пищу и не курить в рабочем помещении. Необходим тщательный дозиметрический контроль.

Для удаления радиоактивных веществ с различных материалов и кожи (в случае внешнего загрязнения) были испробованы разные методы очистки. Для очистки кожи применяют двуокись титана, трехзамещенный фосфат натрия, лимонную, уксусную, разведенную соляную кислоту, насыщенный раствор марганцовокислого калия с последующим смыванием 5% раствором бисульфата натрия. Для удаления активных веществ со слизистых оболочек может быть использован изотонический раствор двууглекислой соды.

Если радиоактивное вещество обнаружено внутри организма, то необходимо ускорить его выведение. Для этой цели назначают диету из продуктов, содержащих большое количество фосфора.

Другой метод ускоренного выведения из организма радиоактивных веществ заключается в замещении их теми или иными неактивными металлами. Для этой цели был использован цирконий, который обладает небольшой токсичностью, и лимоннокислый натрий.

Для усиления минерального обмена, а тем самым для ускорения выведения радиоактивных веществ назначают вытяжку из парашитовидных желез.

При развивающемся патологическом процессе одним из основных мероприятий является прекращение дальнейшего лучевого воздействия. Часто благоприятный результат дает предоставление длительного отпуска. При тяжелых хронических нарушениях необходимо полное прекращение контакта с ионизирующими излучениями. В этих случаях радиоактивные вещества, попавшие в организм, следует удалять особенно тщательно.

При легких формах хронической лучевой болезни хороший лечебный результат может быть достигнут при соблюдении гигиенического режима (прогулки, купание, утренняя гимнастика) и режима питания, при получасовом постельном отдыхе днем, применении брома (иногда с кофеином) для нормализации деятельности центральной нервной системы.

При более тяжелых формах заболевания необходимо назначать успокаивающие и снотворные средства. Целесообразно провести курс бальнеотерапии (теплые ванны), а также физиотерапевтических процедур с применением гальванизации, тока д'Арсонваля и др. Для поднятия питания истощенного организма показано

повторное применение внутривенных вливаний глюкозы с инсулином. С целью восстановления нарушенного кроветворения следует применять гепалон, гематоген, препараты железа, а также нуклеиновые соединения (пентоксил, метацил и др.).

Для борьбы с кровоточивостью используется хлористый кальций, рутин, цитрин, витамины К и С. При тяжелых формах назначается постельный режим (по возможности в санаторных условиях). Для того чтобы предохранить ослабленный организм от инфекции, целесообразно применять антибиотики. При развитии болезней крови, опухолевых процессов нужно проводить специфическое лечение.

Следует помнить, что большая часть хронических патологических процессов обратима и при проведении гигиенического режима, общеукрепляющих мероприятий и продуманной схемы лечения можно добиться полного излечения большинства больных.

---



## СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . .	3
Радиоактивность . . . . .	5
Строение атома и его ядра . . . . .	5
Открытие естественной и искусственной радиоактивности . . . . .	8
Пути выделения внутриядерной энергии . . . . .	13
Деление ядер и цепные ядерные реакции . . . . .	14
Использование атомной энергии в военных целях . . . . .	17
Взаимодействие излучений с веществом . . . . .	19
Доза и ее мощность . . . . .	21
Методы измерений и измерительные приборы . . . . .	27
Прибор для индивидуального контроля . . . . .	30
Дозиметры контроля защиты (ДКЗ) . . . . .	32
Приборы для контроля радиоактивных загрязнений поверхностей . . . . .	33
Исследование загрязненности воздуха радиоактивными веществами . . . . .	35
Исследование загрязненности воды радиоактивными веществами . . . . .	36
Меры защиты от атомного оружия . . . . .	36
Дезактивация зараженных поверхностей и санитарная обработка личного состава . . . . .	41
Острая лучевая болезнь . . . . .	46
Лечение острой лучевой болезни . . . . .	64
Уход за больными лучевой болезнью . . . . .	73
Хронические лучевые поражения . . . . .	81
Хроническая лучевая болезнь . . . . .	81
Локальные хронические патологические процессы . . . . .	84
Диагностика, профилактика и лечение хронических лучевых поражений . . . . .	90

*Качур Лидия Арсентьевна,  
Петров Валентин Александрович,  
Побединский Михаил Николаевич,  
Семенов Леонид Федорович*

**Лучевая болезнь**

\*

Редактор *Н. Н. Гарвей*  
Техн. редактор *Э. А. Романова*  
Корректор *Н. П. Фокина*  
Обложка художника *Л. С. Эрмана*

---

Сдано в набор 28/V 1956 г. Подписано к печати 29/VIII 1956 г. Формат бумаги 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. 1,5 бум. л. 4,92 печ. л. 4,53 уч.-изд. л. Тираж 30 000 экз. Т-06678. МБ-51

---

Медгиз, Москва, Петровка, 12  
Заказ 353. 1-я типография Медгиза,  
Москва, Ногатинское шоссе, д. 1  
Цена 2 р. 25 к.

# ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать	По чьей вине
Обложка		пропущено слово — воздействия		Издательства
52	рисунок	подпись к рисунку 17	подпись к рисунку 18	Авторов
53	рисунок	подпись к рисунку 18	подпись к рисунку 17	Авторов
57	подпись к рисунку 20 стр. 3	Л. В. Фунштейна	В. Н. Голякова	Авторов

Лучевая болезнь

---

Sanitized Copy Approved for Release 2010/04/28 : CIA-RDP80T00246A039100730001-7

**2 p. 25 u.**